

Geophysikalische Vorerkundung des Burgwallareals von Ottersburg, Lkr. Stendal

ERIKA LÜCK UND JENS TRONICKE

Hintergrund und Methodik

Geophysikalische Methoden erlauben es, den Untergrund von der Erdoberfläche aus zerstörungsfrei zu untersuchen und dort verborgene Strukturen und Objekte sichtbar zu machen. Bei verschiedensten Fragestellungen zum Beispiel aus den Bereichen der Geo-, Ingenieur- und Umweltwissenschaften haben sich geophysikalische Methoden als wichtige Werkzeuge für eine effiziente und kostengünstige Standorterkundung und Untergrundcharakterisierung etabliert (Butler 2005; Knödel u. a. 2005). Auch im Bereich der Archäologie werden geophysikalische Prospektionsmethoden zum Beispiel zur Vorerkundung potentieller Grabungsstandorte seit Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt (Scollar u. a. 1990; Jones 2008; Fassbinder 2015).

Das Methodenspektrum der Geophysik, welches zur Erkundung des oberflächennahen Untergrundes (Tiefenbereich von wenigen Metern bis einigen Zehnermetern) eingesetzt wird, umfasst eine Reihe verschiedener Methoden, z. B. elektrische, magnetische, elektromagnetische und seismische Verfahren. Der Erfolg eines einzelnen Verfahrens hängt von den Kontrasten in den jeweiligen physikalischen Parametern ab, auf die das gewählte Verfahren sensitiv ist. Bei vielen archäologischen Fragestellungen hat sich die magnetische Kartierung bewährt, weil die interessierenden Strukturen und Objekte (z. B. Mauer- und Fundamentreste oder auch wiederverfüllte Gruben- und Grabenstrukturen) sich häufig in den magnetischen Eigenschaften von denen des gewachsenen Bodens unterscheiden. Diese Kontraste führen zu Störungen (Anomalien) des Erdmagnetfeldes, die an der Erdoberfläche messbar sind (Scollar u. a. 1990). Weiterhin gilt die Magnetik als robust und effizient. Hier kann mit ausgereifter Messtechnik schnell und ohne zeitaufwendige Datenbearbeitung ein Ergebnis auch für relativ große Untersuchungsgebiete präsentiert werden (Jones 2008). Die resultierenden Anomaliekarten erlauben eine flächenhafte Strukturinterpretation, jedoch ist es häufig nicht möglich, die Objekte (Störkörper) etwa hinsichtlich ihrer Tiefenlage oder räumlichen Ausdehnung näher zu charakterisieren. Der Grund hierfür liegt in den Mehrdeutigkeiten der gemessenen Anomalieverläufe. Dies bedeutet, dass unterschiedliche magnetisierbare Objekte verschiedener Größe, Form und Tiefenlage nahezu identische Anomalieverläufe erzeugen können. Wenn solche Detailinformationen von Interesse sind, umfasst eine geophysikalische Messstrategie meist eine Kombination aus Magnetik und weiteren geophysi-

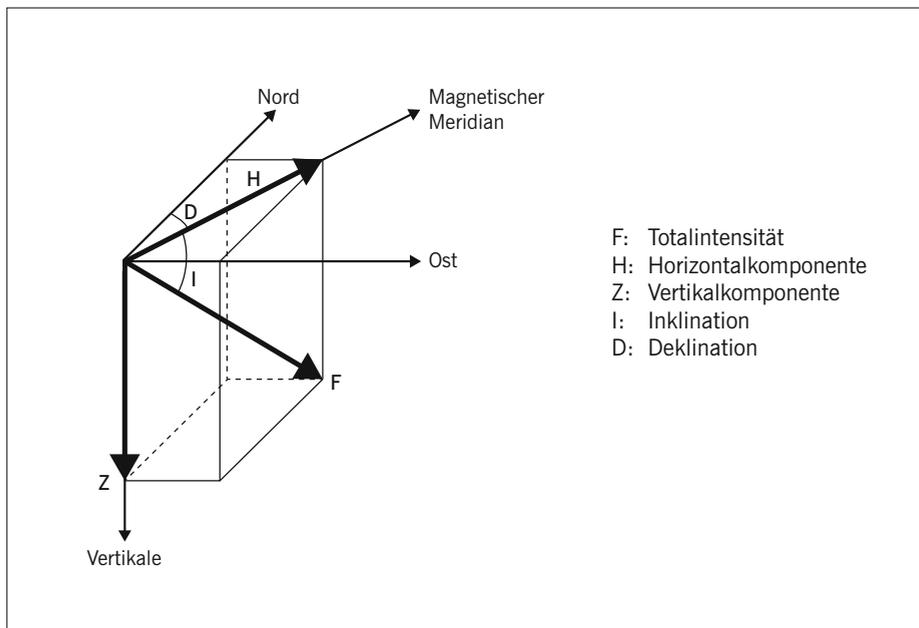


Abb. 1 Definition der Komponenten und Bezeichnungen, die zur Beschreibung des Erdmagnetfeldes verwendet werden.

kalischen Verfahren, beispielsweise Elektrik oder Georadar (Lück/Eisenreich 1999; Böniger/Tronicke 2010).

Das Magnetfeld der Erde ist ein sog. Vektorfeld, welches durch unterschiedliche Größen beschrieben werden kann (Abb. 1). Intensität und Richtung des Feldes (und damit auch der einzelnen Komponenten in Abb. 1) sind ortsbezogen und hängen vor allem von der geografischen Breite ab. In Berlin zum Beispiel beobachtet man zur Zeit (April 2016) eine Totalfeldintensität F von ca. 49 587 nT und in vertikaler Richtung eine Intensität Z von ca. 45 931 nT (Maßeinheit der magnetischen Flussdichte: Tesla, 1 Tesla [T] entspricht 10^9 nanoTesla [nT]). Weitere wichtige Größen zur Charakterisierung dieses Vektorfeldes sind die Winkel der Inklination I (Neigungswinkel des Erdmagnetfeldes gegenüber der Horizontalen) und der Deklination D (Abweichung zwischen magnetischer und geografischer Nordrichtung). Diese sind in Berlin zur Zeit etwa durch $I = 68^\circ$ und $D = 4^\circ$ gegeben, d. h. das Feld kann durch eine zur Erdoberfläche schräge Einfallrichtung charakterisiert werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass sich die zu messenden magnetischen Feldstärken aus unterschiedlichen Anteilen zusammensetzen. Das magnetische Hauptfeld der Erde, welches seine Quellen im Erdkern hat, macht ca. 95 % des Gesamtfeldes aus und verändert sich nur sehr langsam. Für den Zeitraum der in Ottersburg durchgeführten Feldkampagne kann es als konstant angesehen werden. Diesem Feld überlagert sich ein Magnetfeld, das seinen Ursprung außerhalb des Erdkörpers hat und mit dem Sonnenwind bzw. Variationen in der Sonnenaktivität in Verbindung steht. Dieses ist durch starke zeitliche

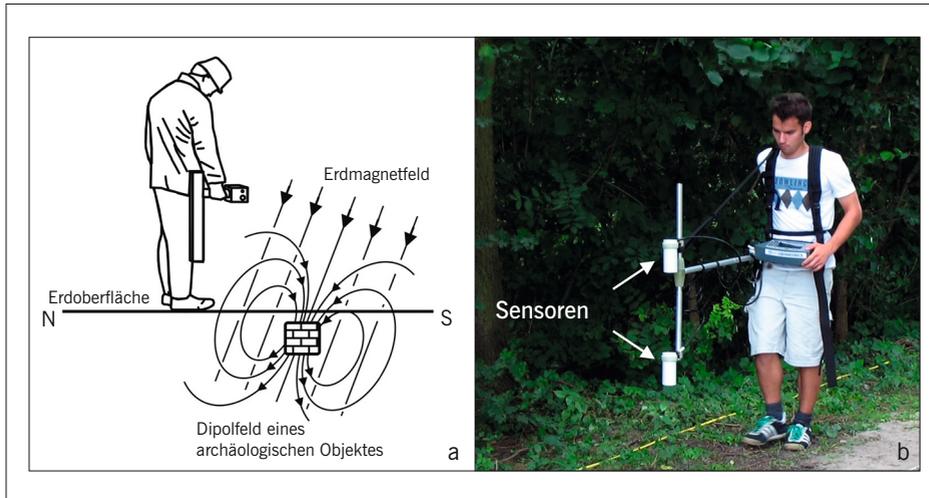


Abb. 2a–b Prinzipskizze einer magnetischen Kartierung zur Detektion archäologisch relevanter Objekte (a) und Fotografie des am Standort Ottersburg eingesetzten Caesium-Magnetometers (Gradientenanordnung der Sensoren) (b).

Schwankungen (Zeitskala Sekunden bis Tage) und Intensitäten von bis zu einigen Hundert nT charakterisiert. Überlagert werden diese Anteile weiterhin durch ein zeitlich nahezu konstantes Anomaliefeld, das die unterschiedliche Magnetisierung des im Untergrund verborgenen Materials widerspiegelt. Mögliche Ursachen für dieses Anomaliefeld sind neben geologischen Strukturen (z. B. Erzlagerstätten) auch anthropogene Störungen des Untergrundes – unterirdische Versorgungsleitungen, Haus- und Industriemülldeponien, aber auch archäologische Objekte wie verborgene Fundamentreste oder wiederverfüllte Gräben und Gruben. Die Stärke dieses Anomaliefeldes reicht dabei üblicherweise von wenigen nT bis zu einigen Tausend nT, wobei archäologische Anomalien häufig durch geringe Amplituden von bis zu wenigen nT charakterisiert sind. Vergleicht man die natürlichen Intensitäten, die zeitlichen Variationen und die Größenordnung der zu erwartenden Anomalien, so wird deutlich, dass diese durch wesentlich geringere Amplituden als das natürliche Hauptfeld charakterisiert sind und auch die natürliche zeitliche Variabilität des Magnetfeldes berücksichtigt werden muss.

Bei der Magnetik wird im Gelände mit speziellen hochempfindlichen Sensoren (Magnetometern) das am Messpunkt herrschende Magnetfeld gemessen. Um das Anomaliefeld, welches durch archäologische Objekte verursacht wird (Abb. 2a), zu detektieren, bieten sich sog. Gradientenmessungen an. Dabei wird üblicherweise mit zwei übereinander angebrachten Sensoren das Magnetfeld auf zwei unterschiedlichen Höhenniveaus gemessen (Abb. 2b). Wird die Differenz zwischen diesen beiden Messwerten im Verhältnis zu dem Abstand zwischen beiden Sensoren berechnet, so kann das Ergebnis in Näherung als Vertikalgradient des Feldes angesehen werden, der vor allem flache, oberflächennahe Objekte hervorhebt. Ein weiterer Vorteil solcher Gradientenmessungen ist es, dass der Einfluss des globalen Magnetfeldanteils inklusive zeitlicher Variationen eliminiert wird und man somit auf eine gesonderte Beobachtung der zeitlichen Variationen

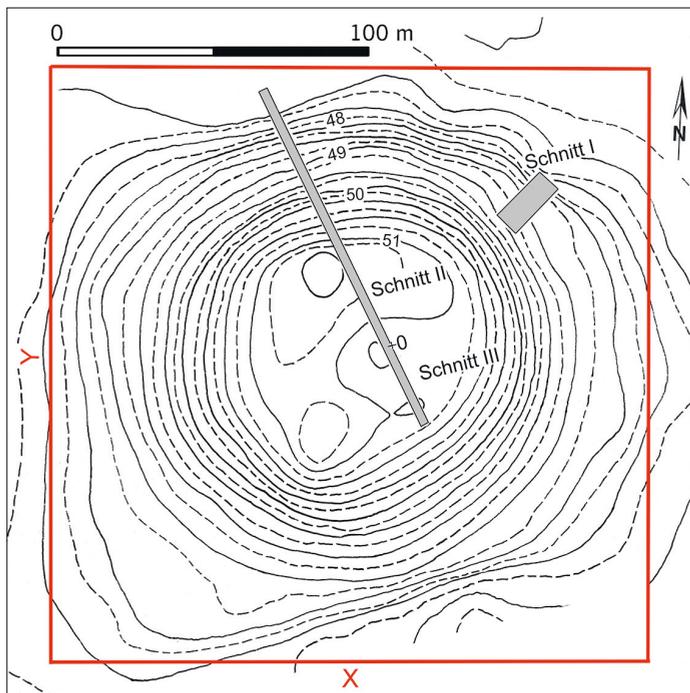


Abb. 3 Lage der mit der Magnetik kartierten Fläche (rotes Rechteck) unter Angabe des verwendeten lokalen Koordinatensystems und der Höhenlinien.

am Standort (sog. Basismessungen) verzichten kann. Die Datenerfassung im Gelände erfolgt in parallelen Linien, sodass der Messpunkt Abstand des resultierenden Rasters typischerweise ≤ 0.5 m ist. Daher können die interessierenden Strukturen adäquat erfasst werden. Als Messgeräte kommen in der angewandten Geophysik heute sog. Fluxgate-Magnetometer (auch als Saturationskernmagnetometer oder Förstersonden bekannt), Protonenmagnetometer (Kernpräzessionsmagnetometer) und Absorptionszellenmagnetometer (»optisch gepumpte« Magnetometer) zum Einsatz. Fluxgate-Magnetometer messen einzelne Komponenten des Magnetfeldes (z. B. Vertikalkomponente), während mit Protonenmagnetometern und Absorptionszellenmagnetometern die Totalintensität des Feldes erfasst wird. Dies ist zu beachten, da der Anomalieverlauf für unterschiedliche Komponenten bzw. die Totalintensität unterschiedliche Charakteristika (Gestalt und Amplitude) aufweist. Auf eine weitere Diskussion der unterschiedlichen Messsysteme und Prinzipien wird an dieser Stelle verzichtet und der interessierte Leser sei auf die Fachliteratur verwiesen (z. B. Knödel u. a. 2005).

Datenakquisition und Bearbeitung

Erste geophysikalische Untersuchungen am Standort Ottersburg erfolgten im August 2006 im Rahmen eines studentischen Geländepraktikums der Universität Potsdam.

Diese wurden dann im November 2006 durch die Universität Potsdam vervollständigt und ergänzt. Das Ziel der geophysikalischen Untersuchungen am Standort Ottersburg war es, archäologisch relevante, im Untergrund vermutete Strukturen, die im Zusammenhang mit der mittelalterlichen Burganlage stehen, zu detektieren. Im Sinne einer Vorerkundung sollte dabei ein erster Überblick über verborgene Untergrundstrukturen mit magnetischen Kartierungsmessungen erhalten werden. Insgesamt wurde eine Fläche von ca. 200 m x 200 m untersucht, in deren Zentrum sich eine markante kreisförmige Hügelstruktur von 3 bis 4 m Höhe befindet, deren zentraler Teil plateauartig abgeflacht erscheint (Abb. 3).

Die hier gezeigten Daten wurden mit einem Absorptionszellenmagnetometer des amerikanischen Herstellers Geometrics aufgezeichnet. Unter Verwendung einer vertikalen Gradientenanordnung wurde mit zwei Sensoren, die in einem vertikalen Abstand von 0,5 m zueinander angeordnet waren, gearbeitet. Die Datenakquisition erfolgte in parallelen Linien (Laufrichtung in etwa Nord-Süd), wobei der Abstand zwischen den einzelnen Linien ca. 0,5 m betrug. Die Datenbearbeitung umfasste eine Editierung und Zusammenführung der gemessenen Rohdaten, eine Interpolation auf ein reguläres Git-

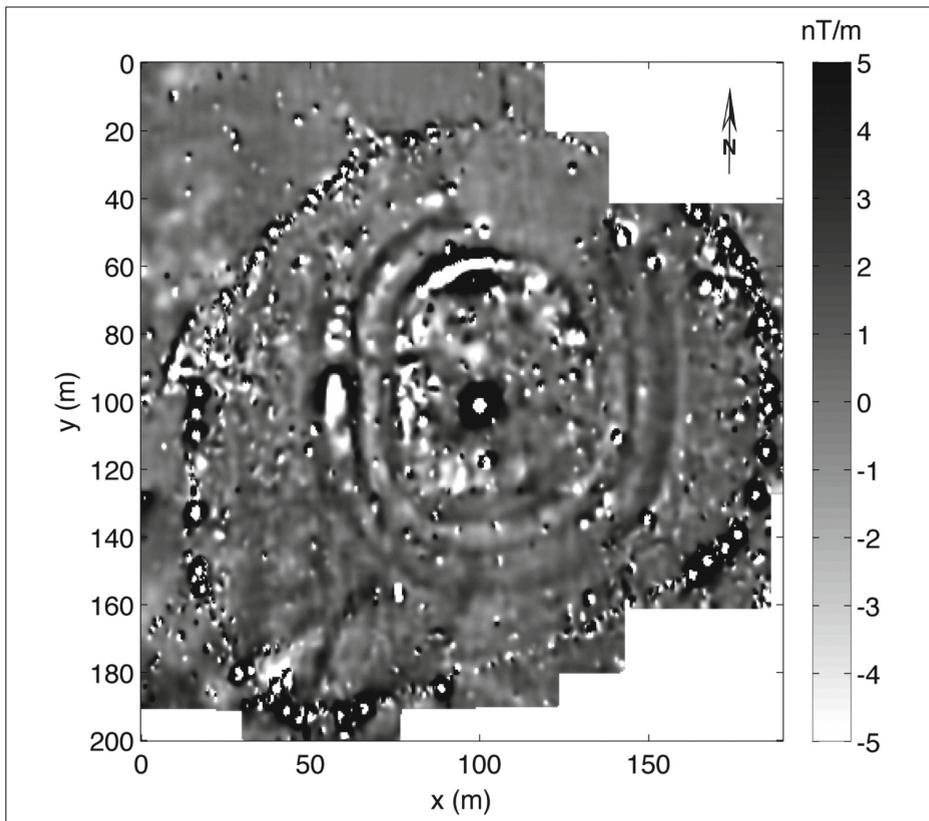


Abb. 4 Ergebnis der magnetischen Kartierung am Standort Ottersburg. Dargestellt ist der Vertikalgradient des Totalfeldes auf einer Skala von ± 5 nT/m.

ter (Stützstellenabstand in x- und y-Richtung von 0,5 m) sowie die Anwendung 2-dimensionaler Filterverfahren zur Unterdrückung von hochfrequenten Störsignalen, die vor allem mit der Datenakquisition in einem bewegten Gelände in Verbindung gebracht werden können.

Ergebnisse und Interpretation

Die Ergebnisse der magnetischen Kartierung am Standort Ottersburg sind in Abb. 4 dargestellt. Die Karte zeigt den durch Differenzbildung angenäherten Vertikalgradienten des Totalfeldes. Der Vertikalgradient kann in 1. Näherung über den Quotienten aus Feldstärkedifferenz und Abstand der vertikal übereinander angeordneten Sensoren berechnet werden, woraus sich seine physikalische Einheit zu nT/m ergibt. Der Dynamikumfang der Darstellung ist auf einer Skala von ± 5 nT/m eingeschränkt, um auch Anomalien mit geringer Amplitude sichtbar zu machen. Diese Karte kann nun im Hinblick auf archäologisch relevante Untergrundstrukturen interpretiert werden. Aufgrund der räumlichen Korrelationen fällt die Interpretation großer, zusammenhängender Strukturen leichter und ist häufig eindeutiger als die Ansprache kleinräumiger isolierter Objekte. Im Folgenden fokussieren wir uns deshalb auf die großräumigen bzw. auffälligsten Anomalien, die in Abb. 5 entsprechend gekennzeichnet bzw. exemplarisch hervorgehoben sind.

Der zentrale Teil des Messgebietes (angedeutet durch Struktur A in Abb. 5), der in etwa den Plateaubereich des heutigen Hügels umfasst, ist durch zahlreiche Einzelanomalien unterschiedlicher Stärke gekennzeichnet. Dieser Bereich stellt die sog. Kernburg dar. Im zentralen Plateaubereich befindet sich eine markante isolierte Anomalie (Objekt B in Abb. 5), die im Zentrum mit Maximalwerten von ca. -500 nT/m als relativ stark angesehen werden kann. Die genaue Ursache lässt sich nur durch eine gezielte Grabung klären.

Nahezu konzentrisch um den zentralen Hügelbereich angeordnet finden sich eine Reihe kreisförmiger Strukturen, die in Abb. 5 mit C exemplarisch gekennzeichnet sind. Diese Strukturen sind z. T. durch geringe Anomaliewerte von < 1 nT/m charakterisiert und folgen in etwa den Isolinien der heutigen Geländetopografie (s. auch Abb. 3). Sie können als Wall-Graben-System, das zum Schutz und zur Befestigung der Burganlage diente, interpretiert werden. Diese Deutung wird im Wesentlichen durch die Ergebnisse der später durchgeführten archäologischen Grabungen bestätigt. Auffällig ist, dass die äußeren Ringstrukturen im nördlichen Teil des Messgebietes (Bereich D) nicht geschlossen erscheinen. Dies muss nicht zwangsläufig bedeuten, dass das Wall-Graben-System an dieser Stelle nicht vorhanden ist, sondern könnte auch mit einem nicht ausreichenden Materialkontrast oder mit einer höheren Tiefenlage der Strukturen in Verbindung stehen. Weiterhin deuten sich an einigen Stellen Lineamente an, die in etwa senkrecht zu den kreisförmigen Strukturen C verlaufen. Diese mit E angedeuteten Stellen könnten auf Störungen des Wall-Graben-Systems hinweisen.

Auffällig ist weiterhin eine Ringstruktur, die mit einem Durchmesser von ca. 160 m den gesamten Hügelbereich umschließt (Struktur F in Abb. 5). Diese Struktur setzt sich aus einer Vielzahl von Einzelanomalien zusammen, die teilweise durch relativ große Amplitudenwerte (> 100 nT/m) gekennzeichnet sind. Dabei deutet sich im westlichen Teil des Messgebietes eine Eingangs-/Durchfahrtssituation an (Bereich G). Die Befunde der archäologischen Grabungen legen den Schluss nahe, dass diese Ringstruktur durch eine

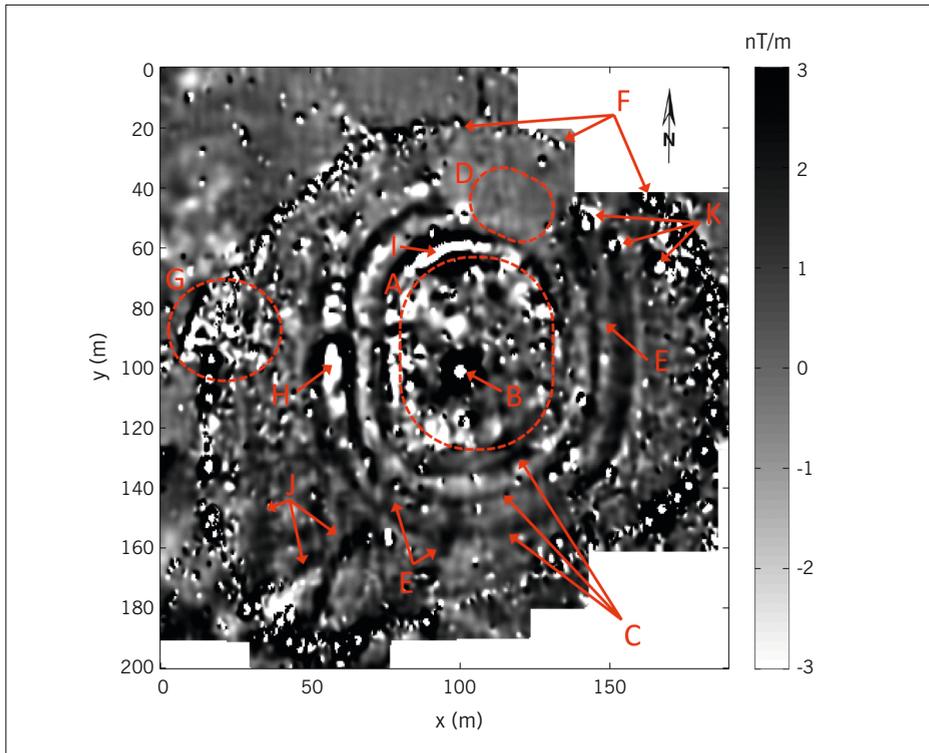


Abb. 5 Ergebnis der magnetischen Kartierung am Standort Ottersburg mit einer überlagerten Interpretation der dominanten Strukturen und Bereiche (gekennzeichnet mit A bis K). Im Vergleich zu Abb. 4 ist der Wertebereich auf ± 3 nT/m eingeschränkt, um relevante Anomalien mit geringer Amplitude stärker hervorzuheben.

neuzeitliche Lesesteinhalde, die mit einem Meliorationsgraben in Verbindung steht, verursacht wird.

Markante Anomalien stellen die mit H und I gekennzeichneten Bereiche dar, die sich zwar in die Gesamtstruktur der kreisförmigen Strukturen C einfügen, mit Maximalamplituden von ca. -30 nT/m (Anomalie H) und ca. -100 nT/m (Anomalie I) jedoch stark erhöhte Anomaliewerte aufweisen. Eine Interpretation erscheint nach derzeitigem Kenntnisstand schwierig. Interessant erscheint in diesem Zusammenhang jedoch, dass der Bereich I mit einer Stelle korreliert, an der laut mündlicher Mitteilung eines Dorfbewohners vor mehreren Jahrzehnten noch steinige Fundamentreste an der Erdoberfläche sichtbar waren, was andeutet, dass diese Anomalie nicht in direktem Zusammenhang mit der mittelalterlichen Burganlage stehen muss.

Weiterhin auffällig sind längliche, teilweise auch gekrümmte Strukturen im südwestlichen Teil des Messgebietes, von denen einige exemplarisch mit J in Abb. 5 hervorgehoben sind. Auch finden sich noch zahlreiche isolierte Einzelanomalien (wie zum Beispiel die mit K gekennzeichneten Anomalien), die durch ihre Anordnung zueinander relevante Untergrundstrukturen andeuten könnten. Über die archäologische Bedeutung die

ser Strukturen und Anomalien kann derzeit jedoch nur spekuliert werden. Abschließend sollten auch die zahlreichen Einzelanomalien erwähnt werden, die räumlich meist sehr begrenzt in der Karte sichtbar sind und deren räumliche Verteilung zufällig erscheint. Diese Beobachtungen legen den Schluss nahe, dass diesen Anomalien archäologisch keine Bedeutung zukommt und es sich um Kontaminationen zum Beispiel durch metallische Objekte an der Erdoberfläche bzw. in den obersten Bodenschichten handelt.

Zusammenfassung

Im Sinne einer Vorerkundung wurden im Jahr 2006 am Standort Ottersburg magnetische Kartierungsmessungen durchgeführt, um die dort vermuteten Reste einer mittelalterlichen Burganlage aufzufindig zu machen. Die Ergebnisse zeigen eine Reihe interessanter Untergrundstrukturen, wobei besonders die kreisförmigen Anomalien hervorgehoben werden können. Diese Strukturen sind mit einem Wall-Graben-System in Verbindung zu bringen und zeigen, dass die maximale laterale Ausdehnung der Burg inklusive ihres Wehrsystems mehr als einhundert Meter betrug. Auf der Grundlage der magnetischen Prospektionsergebnisse und unter Berücksichtigung der bisherigen archäologischen Befunde können nun bei Bedarf gezielt weitere archäologische (z. B. Grabungen) und auch geophysikalische Detailuntersuchungen (z. B. Geoelektrik oder Georadarmessungen) durchgeführt werden¹.

Summary

Geophysical survey of the castle defences of Ottersburg, Stendal county

Preliminary investigations at the site of Ottersburg in 2006 included a geophysical mapping survey to identify the remains of a medieval castle, assumed to survive in the area. Results show a series of interesting below-ground structures of which the circular anomalies stand out. These structures can be associated with a bank-and-ditch system and demonstrate that the castle area including defences extended laterally for more than 100 m. Based on the magnetometry results and in light of the known archaeological remains this now allows for further targeted archaeological (e.g. excavations) and geophysical investigations (e.g. resistivity survey, ground-penetrating radar).

¹ Die Autoren danken Dipl.-Prähist. U. Frommhagen (Windberge-Ottersburg) für seine tatkräftige Unterstützung bei den Feldkampagnen.

Literaturverzeichnis

Böniger/Tronicke 2010

U. Böniger/J. Tronicke, Integrated data analysis at an archaeological site: A case study using 3D GPR, magnetic, and high-resolution topographic data. Geophysics, B169-B176, 2010.

Butler 2005

D. K. Butler, Near-Surface Geophysics: Investigations in Geophysics No. 13. Society of Exploration Geophysicists (Tulsa 2005).

Fassbinder 2015

J. W. E. Fassbinder, Seeing beneath the farmland, steppe and desert soil: magnetic prospecting and soil magnetism. Journal Arch. Science 56, 2015, 85–95.

Jones 2008

D. M. Jones, Geophysical survey in archaeological

field evaluation: English Heritage Publishing (Swinden 2008).

Knödel u. a. 2005,

K. Knödel/H. Krummel/G. Lange, Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien. Band 3: Geophysik (Berlin 2005).

Lück/Eisenreich 1999

E. Lück/M. Eisenreich, Geophysical prospection of archaeological sites in Brandenburg. Arch. Prospecting 6, 1999, 125–133.

Scollar u. a. 1990

I. Scollar/A. Tabbagh/A. Hesse/I. Herzog, Archaeological prospecting and remote sensing (Cambridge 1990).

Abbildungsnachweis

1–5 Verfasser

Anschrift

Dr. Erika Lück, Prof. Dr. Jens Tronicke
 Universität Potsdam
 Institut für Erd- und Umweltwissenschaften
 Karl-Liebknecht-Str. 24
 14476 Potsdam-Golm