

# Ausgrabungsergebnisse versus Messergebnisse – ein Feldversuch an einem eisenzeitlichen Fundplatz in der Steiermark

Nicole Kamp<sup>1</sup>, Susanne Tiefengraber<sup>2</sup>, Georg Tiefengraber<sup>2</sup>, Oliver Sass<sup>1</sup> und Norbert Pfeifer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Karl Franzens Universität Graz, Institut für Geographie und Regionalforschung · niki.kamp@gmail.com

<sup>2</sup>Institut für Südostalpine Bronze- und Eisenzeitforschung (ISBE), Graz

<sup>3</sup>Department für Geodäsie und Geoinformation, Technische Universität Wien

Short paper

## Zusammenfassung

Luftbilder, LiDAR-Scans, Zufallsfunde, Surveys und Grabungskampagnen liefern Daten zu potenziellen archäologischen Fundstätten. Doch erst geophysikalische Prospektionen vermögen einen Einblick in den Untergrund zu gewähren, ohne die vorliegenden Befunde zu zerstören. Auf diese Weise liefern sie grundlegende und exakt zu lokalisierende Informationen für die archäologische Forschung. Im Rahmen des hier vorgestellten Projektes wurde das Georadar als Werkzeug zur Darstellung von archäologischen Objekten eingesetzt. Die Prospektionen wurden in direkter Verbindung mit der Ausgrabung durchgeführt und tragen durch eine Gegenüberstellung der gewonnenen Messdaten mit den Ergebnissen der archäologischen Untersuchung zu einer Optimierung der Methode bei. Dieses Projekt hat das Ziel, die Vor- und Nachteile einer Georadarprospektion im Umfeld der Eisenzeitforschung festzustellen, um so den Einsatz des Georadars an die wissenschaftliche Fragestellung anzupassen und die Aussagekraft der Daten zu optimieren.

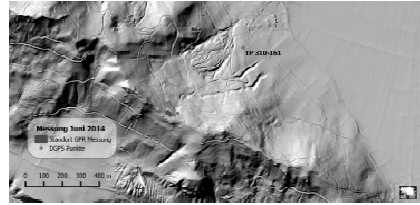
## 1 Einführung

In Strettweg bei Judenburg (Bezirk Murtal) wurde 1851 der kulturhistorisch bedeutende Kultwagen gefunden, der als eines der Prunkstücke der steirischen Archäologie gilt. Bei einer Nachuntersuchung im Jahr darauf stieß man an dieser Stelle auf weitere wertvolle Artefakte, die zur Grabausstattung einer herausragenden Frau (ev. einer Priesterin) der Hallstattzeit (um 600 v. Chr.) gehörten. Trotzdem geriet die Fundstelle im Laufe der Zeit in Vergessenheit. Durch Begehungen, Ausgrabungen, LiDAR-Auswertungen und geophysikalische Messungen in den Jahren 2004 – 2014 (u. a. durch die Verfasser) kam man der zugehörigen ausgedehnten eisenzeitlichen Siedlung am nahe gelegenen Falkenberg und zahlreichen weiteren, heute vollständig eingeebneten Hügelgräbern auf die Spur. Außerdem konnte der zeitgleiche Verhüttungsplatz des am Falkenberg abgebauten Eisenerzes durch Oberflächenfunde nachgewiesen werden. Die im Oktober 2014 an dieser Stelle durchgeführte Grabungskampagne war der Verifizierung dieser These gewidmet.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bundesland Steiermark (Bezirk Murtal) in einem inner-alpinen Becken, genannt Aichfeld.



(a)



(b)

**Abb. 1:** (a) Grabungskampagne 2014  
(b) Untersuchungsgebiet (Quelle: GIS STEIERMARK 2015)

Der Falkenberg (s. Abb. 1), größtenteils aus Feldspat-Granatglimmerschiefer und (Bretstein-) Marmor bestehend, bildet die Pforte zum Aichfeld. Südlich davon betritt die Mur von Westen her diese weite Beckenlandschaft. Die Georadar-Messfläche liegt auf einer künstlich angelegten Terrasse in einem Fichtenwald. Der Waldboden war mit Fichtennadeln bedeckt und mäßig feucht. Der Südost-Nordwest orientierte, schmale Rücken des Falkenberges nimmt eine wichtige Position an, seit der Bronzezeit international bedeutenden, Handelswegen ein, wobei der Verbindung durch das Pölstal Richtung Norden nach Hallstatt besondere Bedeutung zukommt. Auf diesem Weg wurde das wertvolle Salz Richtung Süden transportiert, im Gegenzug gelangten zahlreiche Luxuswaren aus den Mittelmeerregionen in den Norden. Dadurch waren die besten Voraussetzungen für den Handel mit dem auf dem Falkenberg abgebauten und verhütteten Rohstoff Eisen gegeben.

## 2 Equipment und Methodik

Zur genauen Lokalisierung von archäologisch interessanten Flächen werden historische Aufzeichnungen, hochauflösende Luftbildaufnahmen und Geländemodelle, Befragungen von Ortskundigen, Begehungen und Oberflächenfunde herangezogen. Die Anwendung von geophysikalischen Werkzeugen ergänzt die archäologischen Forschungsmethoden. Das Georadar erlaubt ein schnelles, nicht-invasives Auffinden von anthropogen geschaffenen Anomalien und Störungen im Untergrund. Im Zeitraum 2012 bis 2015 wurden um Strettweg und dem Falkenberg diverse geophysikalische Messungen durchgeführt, die einen wichtigen Beitrag zur Erforschung der Eisenzeit in diesem Raum leisteten.

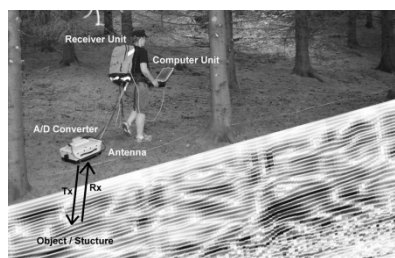
### 2.1 Archäologische Ausgrabungskampagne

Im Zuge von archäologischen Ausgrabungen werden sämtliche Details der Bodenstruktur, wie Material, Zusammensetzung, Farbe, künstliche und natürliche Veränderungen etc. dokumentiert. Im Vordergrund des Interesses stehen hierbei anthropogene Eingriffe, sprich die durch Menschen hinterlassenen Spuren und materiellen Reste. Diese werden im Idealfall als deutliche Anomalien in den Georadardaten sichtbar. Oftmals erweisen sich jedoch natürliche Komponenten, wie Baumwurzeln, Tiergänge oder geologische Besonderheiten

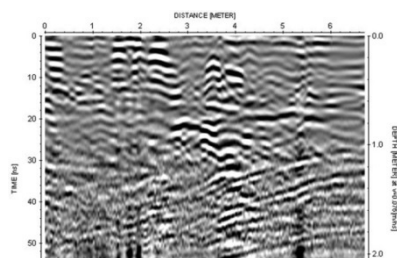
als irreführende Faktoren, die eine korrekte Interpretation von Messergebnissen erschweren. Durch die Freilegung und Dokumentation der einzelnen Schichten des Bodenaufbaues während der Grabung wird ein direkter Vergleich mit den im Vorfeld gemessenen Georadarstrukturen möglich. Um die These von der möglicherweise ältesten nachweisbaren Eisenverhüttungsanlage in Österreich zu verifizieren, fand zunächst im Juni 2014 am Fundplatz auf dem Falkenberg eine Georadar-Messkampagne statt. Dieser erste Einsatz diente zur Feststellung von archäologisch interessanten Anomalien für die im Oktober 2014 stattfindenden Ausgrabungen. Die Ergebnisse der Grabungskampagne sollten ihrerseits zu einer Validierung der Georadarmessungen führen, um durch die Kombination aller gewonnenen Daten einen optimalen Einsatz des Georadars zu ermöglichen. Ein weiterer Georadar-Kontrolleinsatz erfolgte im Zuge der Grabungskampagne.

## 2.2 Ground Penetrating Radar

Das Georadar oder auch Ground Penetrating Radar (GPR) als mittlerweile etabliertes Werkzeug in der Archäologie ist eine geophysikalische Methode, die auf der Ausbreitung von kurzen elektromagnetischen Pulsen im Frequenzbereich von 10 MHz bis 2,5 GHz basiert. Unterschiedlichste verlustarme dielektrische Stoffe können damit erforscht werden, indem GPR Transmitter und Receiver mit einer fixen Geometrie über eine Oberfläche bewegt werden, um Reflexionen der Radarwellen von anthropogenen und natürlichen Strukturen unter der Erde aufzunehmen (s. Abb. 2). Die Grundlage zum Georadar liefert die Theorie der elektromagnetischen Wellen (EM), die durch die Maxwell-Gleichungen beschrieben wurde (JOL 2009).



(a)



(b)

**Abb. 2:** (a) GPR System

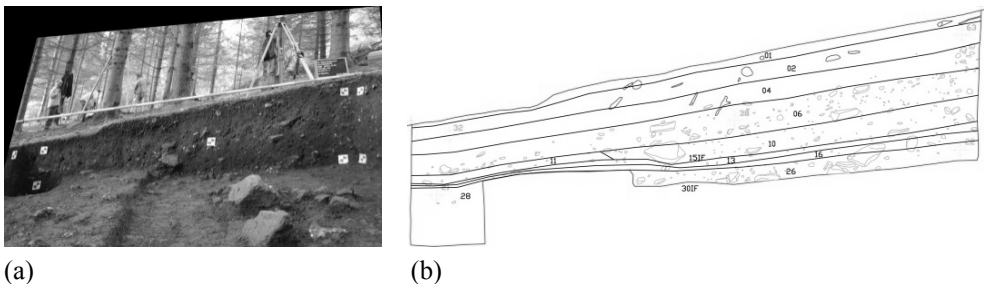
(b) Radargramm vom S/1 – Auswertbar sind in diesem Fall die Reflexionen bis ca. 30 ns Laufzeit; darunter zeigt sich Geräterauschen bzw. Reflexionen von Strukturen der Oberfläche (Bäume)

## 2.3 GPR-Messkampagne und -Auswertung

Der Erfolg von Georadar-Messkampagnen ist stark abhängig von den Gegebenheiten und vorherrschenden Böden und Sedimenten, der Bodenfeuchtigkeit, der Topographie, der Tiefe der begrabenen Struktur und der Vegetation im Untersuchungsgebiet in Verbindung mit der Wahl der richtigen Antenne und den passenden GPR-Settings (JOL 2009). Anthropogene Schichten unterscheiden sich meist vom umgebenden Erdreich durch die Ausbrei-

tungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen und Änderungen in der Amplitude kennzeichnen Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Schichten.

Die Messungen auf dem Falkenberg wurden mit einer Malå RAMAC/GPR Control Unit II mit einer 500-MHz-Antenne (s. Abb. 2) im Juni und Oktober 2014 durchgeführt. Mithilfe einer CMP Messung mit trennbaren 200-MHz-Antennen konnte eine mittlere Bodengeschwindigkeit von 0,076 m/ns ermittelt werden. Ab ca. 2 m Tiefe ist nur mehr Rauschen zu erkennen. Insgesamt wurden mehr als 40 Profile auf einer Messfläche von ca. 240 m<sup>2</sup> aufgenommen. Zur genauen Verortung der Daten diente ein Topcon Hyper V GNSS Receiver. In einem weiteren Schritt wurden die Daten mit der GPR Processing Software *ReflexW* 7.2.2 – Sandmeier Scientific Software, prozessiert und georeferenziert. Zur Evaluierung der GPR-Ergebnisse wurden während der Messkampagne im Oktober desselben Jahres, Photos mit einer Nikon D5200 mit einem 18.0-55.0 mm f/3.5-5.6 Objektiv von den einzelnen Schnitten aufgenommen und Schichten mittels Tachymeter eingemessen. Die eingesetzte Skriptsprache *Python* erlaubte eine umfangreiche und komplexe Nachbearbeitung (Transformieren, Bildbearbeitung, Segmentieren, etc.) der Daten als Punktdatensatz. Eine Validierung der Georadar-Messergebnisse erfolgte über eine Gegenüberstellung Georadardaten und Ausgrabungsdaten mithilfe von *Quantum GIS* (QGIS) und *Python*. Mit *QGIS* können auf Fotos dokumentierte Schichten rasch entzerrt (s. Abb. 3) und digitalisiert (s. Abb. 3) werden. Außerdem ermöglicht es die kartographische Aufbereitung von unterschiedlichen Datensätzen und die genaue Dokumentation der Messkampagne in Form von Metadaten. Eine Überblendung der Georadardaten mit den digitalisierten Schichten gibt Auskunft über die Messgenauigkeit, die Präzision der mittels CMP-Messungen errechneten Bodengeschwindigkeit und über die Auswahl der richtigen Antennenfrequenz. Eine derartige Evaluierung der Georadardaten ist hilfreich für eine bessere Kalibrierung und für eine Verbesserung der Prozessierung und Interpretation.



**Abb. 3:** (a) Entzerrtes Bild von S/2 (Ost-Profil)  
(b) Digitalisierte Schichten von S/2 (Ost-Profil)

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Ergebnisse der GPR-Voruntersuchung

Die GPR-Radargramme zeigen einen teilweise recht unregelmäßigen Sedimentaufbau mit weiteren kleineren Störungen wie Wurzeln oder größeren Steinen, die archäologisch interessant sein könnten (s. Abb. 2 und 3). Diese Störungen im Sedimentaufbau sind ein mögli-

cher Hinweis für menschliche Tätigkeiten. Der gestörte Sedimentaufbau zusammen mit den Bodenfunden und den in den Geländemodellen ersichtlichen Bergbauspuren ließ darauf schließen, dass es sich bei dem gewählten Untersuchungsgebiet um den Standort der eisenzeitlichen Verhüttungsanlage handelte.

### 3.2 Ausgrabungsergebnisse

Innerhalb der beiden Radarmessflächen zeichneten sich u. a. mehrere grubenartige Anomalien ab, die als potenzielle Reste von eingetieften Eisenschmelzöfen in Betracht gezogen werden konnten. Die beiden Grabungsschnitte S/1 und S/2 deckten weitestgehend die GPR-Messfelder ab, sodass ein guter Abgleich mit den vorhandenen Radargrammen möglich war. Die oberste Schicht bestand aus Waldhumus, darunter konnte in beiden Schnitten eine 0,05-0,1 m dicke Erosionsschicht festgestellt werden, die über massiven Planierschichten lag. Diese überdeckten z. T. in zwei Phasen angelegte frühlatènezeitliche Gebäudereste (s. Abb. 4), die teils locker gelegte Steinlagen und Balkengrübchen, bzw. Pfostenstellungen aufwiesen. Unter weiteren flächigen Planierschichten konnten die Reste einer späthallstattzeitlichen Bebauung (s. Abb. 4) aufgedeckt werden, die ebenfalls durch Steinlagen, Balkengrübchen und Pfostenstellungen fassbar war. In beiden Schnitten wurden kleine Tiefsondagen bis in den geologischen Untergrund angelegt, die zeigten, dass erst die Hälfte der vorhandenen archäologischen „Substanz“ untersucht worden war. Wenngleich auch bislang keine Verhüttungsanlagen in situ erfasst worden sind, so deutet doch die Präsenz von verlagerten Ofenwandungs- und Tondüsenbruchstücken sowie Flussschlacken darauf hin, dass mit derartigen Befunden entweder in tieferen Bereichen oder aber im unmittelbaren Umfeld gerechnet werden darf.



(a)



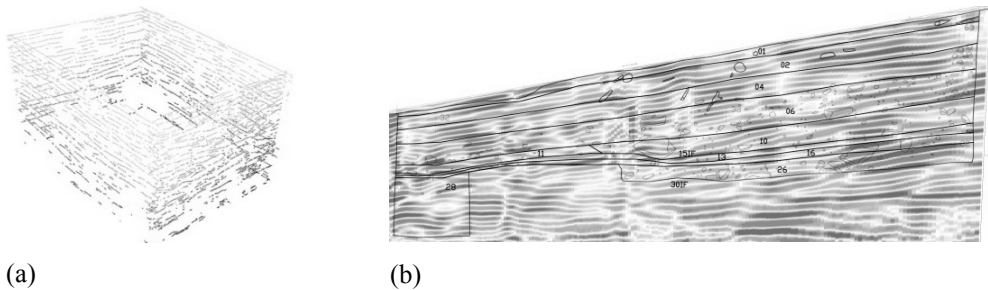
(b)

**Abb. 4:** (a) Früh-La-Tène-zeitliches Gebäude in S/1  
(b) Späthallstattzeitliches Gebäude in S/2

### 3.3 Ausgrabungsergebnisse versus Messergebnisse

Während der Grabungskampagne stellte sich heraus, dass die ausgewerteten Georadar-Daten teilweise in die Irre führten. Die auf den Bildern sichtbaren Anomalien ließen einen Verhüttungsplatz erwarten, gefunden wurden jedoch Siedlungsreste der frühen La-Tène-Kultur. Möglicherweise liegen die Reste der hallstattzeitlichen Eisenverhüttung (Ofenstrukturen) noch unter diesen Siedlungsresten begraben. Hervorstechende archäologische Objekte und Strukturen wie größere Gebäudereste oder Steinstrukturen fehlen im Untersuchungs-

gebiet und erschweren die Evaluierung der Georadarergebnisse und den Vergleich mit den kartierten Schichten. Durch das Fehlen von Orientierungspunkten im Radargramm und im entzerrten Foto können Daten kaum miteinander verknüpft werden, weshalb in diesem Fall die subjektive Einschätzung stark im Vordergrund stand. Regelmäßige Schichten werden durch das Vorhandensein von Wurzeln gestört und verfälschen die Interpretation. Dies ist sowohl im Radargramm als auch in der Kartierung deutlich zu erkennen (s. Abb. 5). Die archäologisch erfassten Steinstrukturen sind teilweise zu kleinteilig und schütter, um sie mit der 500 MHz Antenne fassen zu können. Signifikante, deutlich zuordenbare Objekte fehlen fast zur Gänze, sodass eine konkrete Korrelation von Georadarergebnissen und durch die Ausgrabung freigelegten Strukturen nur erschwert möglich ist. Ein großer Gewinn dieses Projektes war die Weiterentwicklung der Python Scripts (KAMP et al. 2013). Zusätzlich zu einer absoluten Orientierung und Filterung der Profile ist es nun möglich einzelne Schichten noch stärker hervorzuheben und herauszufiltern, um die Lesbarkeit der GPR-Profile noch weiter zu verbessern (s. Abb. 5) und um sie dann in einem weiteren Schritt mit anderen Ergebnissen vergleichen zu können. Dies funktioniert über diverse Image Processing Methoden (Gaussian, Canny, Laplace, NMS, etc.) der Amplitudenwerte.



**Abb. 5:** (a) 3D-GPR-Daten  
(b) Radargramme und digitalisierte Schichten von S/2 (Ost-Profil)

## 4 Diskussion und Ausblick

Die Interpretation von Georadardaten wird meist stark von der Erwartungshaltung der Beteiligten beeinflusst, das heißt es wird das gesehen, was auch erwünscht ist. Ein dichter Wald mit zahlreichen Wurzeln verhindert eine erfolgreiche Interpretation der Daten. Eine Koppelung mit zusätzlichen Informationen wie Vegetation, Geländemodellen oder auch Orthophotos ist für eine erfolgreiche Anwendung des Georadars unabdingbar. Im Sommer 2015 wird im besprochenen Untersuchungsgebiet eine weitere Grabungskampagne durchgeführt werden. Es ist geplant, Metallrohre mit unterschiedlichen Stärken in den Grabungsschnitten im Bereich von aussagekräftigen Schichtgrenzen, bzw. an markanten Punkten zu versenken, diese einzumessen und weitere Georadarmessungen durchzuführen. Diese sich deutlich abzeichnenden Metallobjekte sollten eine bessere Verknüpfung der Messdaten mit den Ausgrabungsergebnissen zulassen und Auskunft über die tatsächliche Tiefe und Lage der Befunde geben. Des Weiteren sollten die Messungen zu unterschiedlichen Witterungsbedingungen durchgeführt werden, um Informationen über den Einfluss der Bodenfeuchtigkeit zu erhalten. Prähistorische Siedlungsbefunde sind aufgrund des Fehlens von massi-

ven baulichen Strukturen durch geophysikalische Methoden schwer zu fassen, da sie minimale bis wenig Materialunterschiede aufweisen. Sie vermögen jedoch gerade auf der Basis dieser schwer zu interpretierenden Ergebnisse eine Optimierung der Methode zu entwickeln und einen Thesaurus für die Beurteilung zukünftiger Projekte zu erarbeiten.

## Literatur

- JOL, H. M. (Ed.) (2009), *Ground Penetrating Radar – Theory and Applications*. Elsevier Science, Amsterdam/Oxford, 544 Seiten.
- KAMP, N., RUSS, S., SASS, O., TIEFENGRABER, G. & TIEFENGRABER, S. (2013), Kombination von GPR- und LiDAR-Daten zur Generierung eines 3D-Modells am Fallbeispiel eines archäologischen Fundorts in Strettweg, Bezirk Murtal, in: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G. & ZAGEL, B. (Hrsg.) (2013), *Angewandte Geoinformatik 2013*. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach, 55-60.
- TIEFENGRABER, G. & TIEFENGRABER, S. (2014), Die hallstattzeitlichen Fürsten von Strettweg – Reiterkrieger – Priesterinnen – Herren des Eisens. *Archäologie in Deutschland*, AID 3/2014, Stuttgart, 58-61.
- TIEFENGRABER, G. & TIEFENGRABER, S. (2015), Zum Stand der Erforschung hallstattzeitlicher „Zentralsiedlungen“ in der Obersteiermark. In: GUTJAHR, C. & TIEFENGRABER, G. (Hrsg.), *Neue Forschungen zur Hallstattzeit am Rande der Südostalpen*, Internationale Archäologie. Arbeitsgemeinschaft, Symposium, Tagung, Kongress 19, Rahden/Westfalen. *Hengist-Studien* 3, 215-273.
- TIEFENGRABER, G., TIEFENGRABER, S. & MOSER, S. (2013), (Hrsg.: Arbeitskreis Falkenberg e. V.), *Reiterkrieger? Priesterin? Das Rätsel des Kultwagengrabes von Strettweg bei Judenburg*. Katalog zur gleichnamigen Ausstellung im Stadtmuseum Judenburg, 25. Juni 2013 – 18. April 2014. Judenburg, 74 S.