

Drohnen-gestützte Magnetik in der archäologischen Prospektion

DJI Matrice 350 RTK + MagDrone R4 (Sensys)

Georg Häußler

Christian Seisenbacher



Kooperationspartner:



DJI Matrice 300/350 RTK

- Positionierungsgenauigkeit: 1,5 cm
- Schwebegenauigkeit: $\pm 0,1$ m
- Effektive Flugzeit: ~20-25 Minuten
- Gewicht inklusive Nutzlast: 8,1 kg

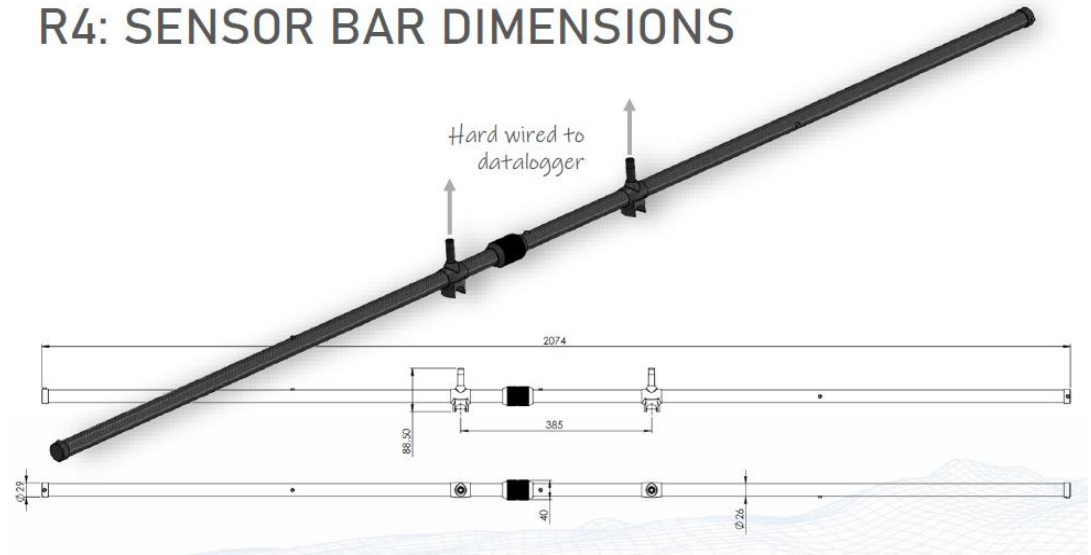


MagDrone R4 – Totalfeldmagnetometer

- 5 × FGM3D/75-Sensoren (3-Achsen-Fluxgate)
- 200 Hz Abtastrate | Auflösung <math><0.3 \text{ nT}</math>
- Totalfeldmessung (kein reiner Gradient)
- Messbereich: $\pm 75 \mu\text{T}$ (75.000 nT)
- 500 mm Sensorabstand (reduziertes Eigenrauschen)

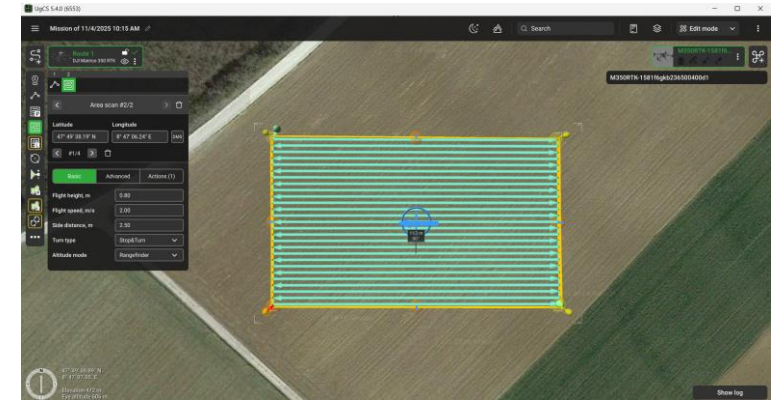


R4: SENSOR BAR DIMENSIONS



UgCS – Präzise Flugplanung

- Automatisierte Flugrouten
- True Terrain Following für konstante Sensorhöhe
- Kontrollierte Geschwindigkeit & Linienabstände
- Reproduzierbare Messbedingungen



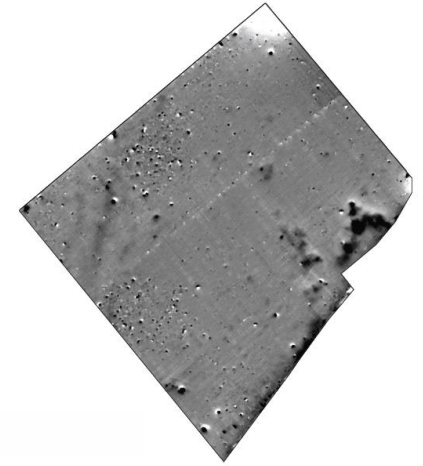
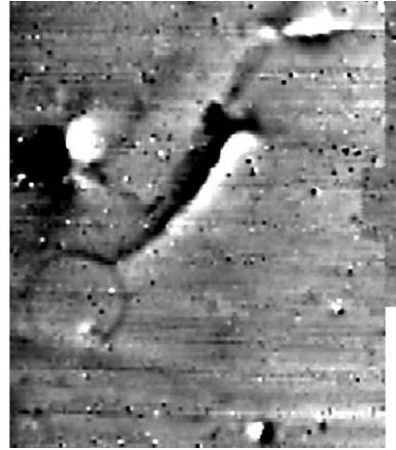


- **Fluggeschwindigkeit 2m/s; Spurabstand 2,5m**
 - **Tagesleistung: bis zu 10-12 ha am Tag**
- **Fluggeschwindigkeit 3m/s; Spurabstand 2,5m**
 - **Tagesleistung: bis zu 16-18 ha am Tag**



- **Kein Betreten der Messflächen**
- **~ 50% Kosten im Vergleich zu terrestrischen Messungen**
- **Größere Akzeptanz bei Grundstückseigentümern**
- **Flexibilität**





- **Terrestrischer Einsatz des Magnetometers mittels eines Tragesgestells**
- **Für kleinräumige Strukturen und detaillierte Nachmessungen von Drohnen-Daten**



Anforderungen an die magnetische Prospektion in der Archäologie

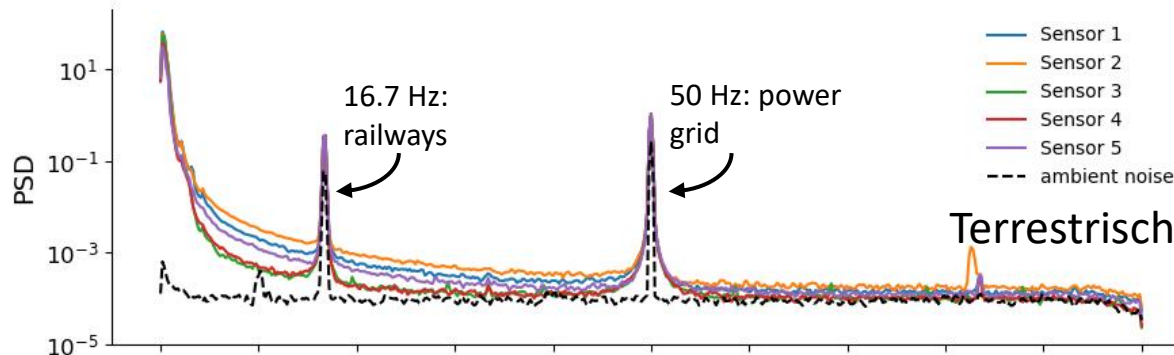
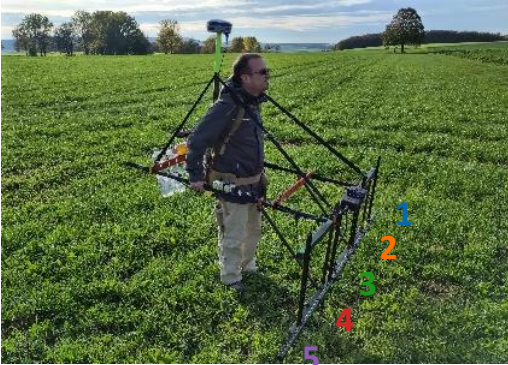
- **Zuverlässige und reproduzierbare Messergebnisse auch auf großen Flächen**
- **Hohe Sensorauflösung und ein stabile Messqualität**
- **Niedriges Rauschniveau für präzise Messergebnisse**

EAC GUIDELINES FOR THE USE OF GEOPHYSICS IN ARCHAEOLOGY

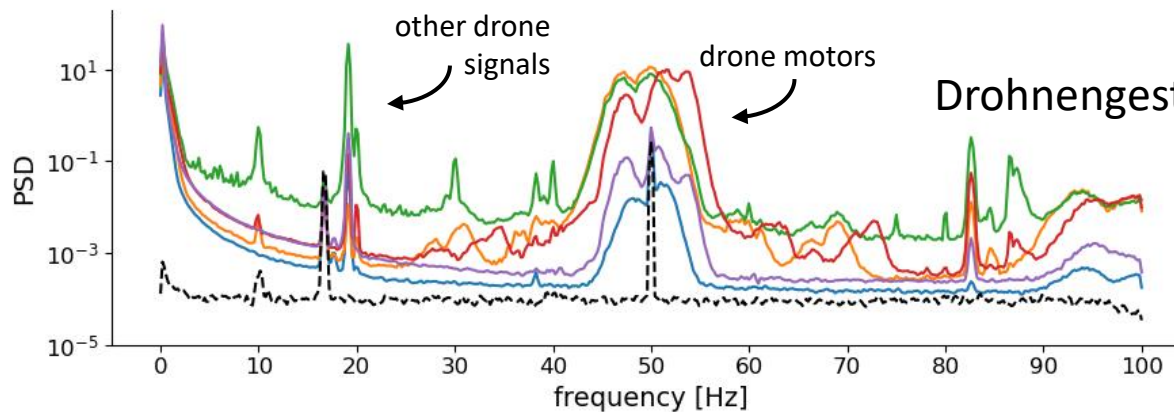
Level 1	Prospektion	Identifikation von Gebieten mit archäologischem Potenzial und einzelner markanter Anomalien.
Level 2	Abgrenzung	Eingrenzung und Kartierung archäologischer Stätten und Strukturen.
Level 3	Charakterisierung	Detaillierte Analyse der Form einzelner Anomalien.

EAC Level 3 Anforderungen

Parameter	EAC Level 3 Anforderungen	MagDrone R4
Räumliche Auflösung	0,25 m × 0,25 m	0,25–1,0 m (anpassbar)
Empfindlichkeit	Hoch (~ <100pT)	<70 pT
Rauschen	Minimiert	10–20 pT bei 1 Hz
Georeferenzierung	±0,1 m (RTK-GNSS)	RTK-GNSS (cm-genau), ETRS89/UTM kompatibel
Abtastrate	hoch	200 Hz
Sensorhöhe	konstante Sensorhöhe	True Terrain Following ± 2–4 cm
Datenverarbeitung	Reproduzierbar	Sensys Magdrone Datatool + definierter Workflow
Geschwindigkeit	Konstant	Mit UgCS anpassbar und konstant



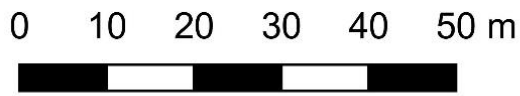
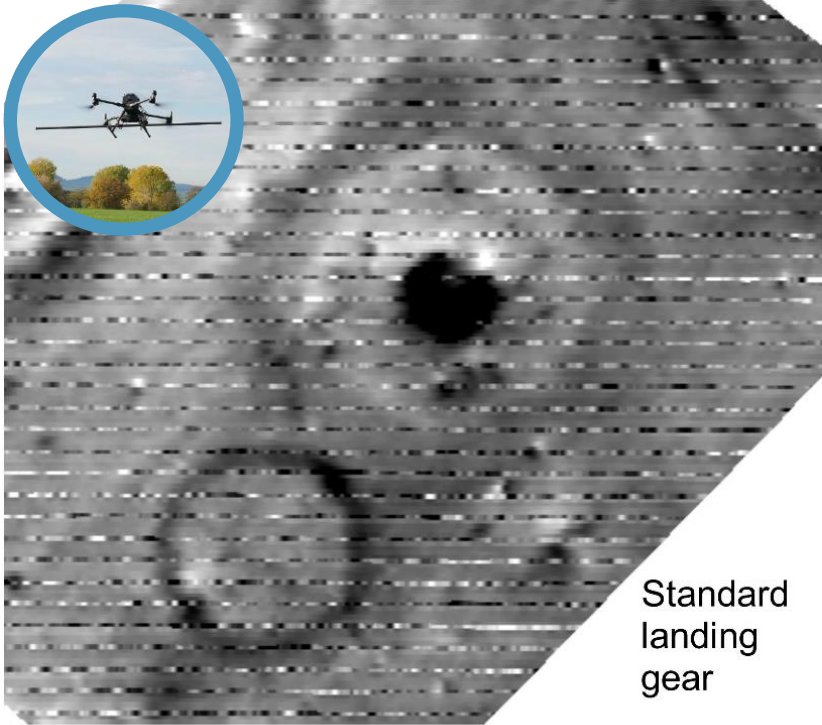
Leistungsdichtespektren (PSDs), die die Frequenzkomponenten in den aufgezeichneten und verarbeiteten Signalen der R4-Sensoren zeigen.



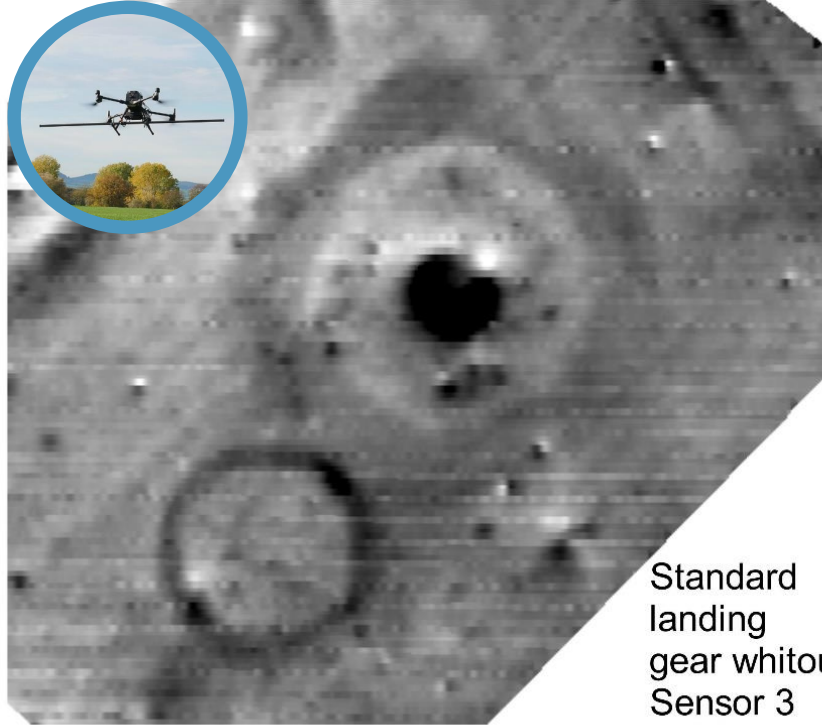
Leistungsfähiges Messsystem, jedoch Störbeeinflussung durch die Drohne, insbesondere beim Sensor 3.



Sensor 3 aktiv: Messauflösung 0,5 x 0,02 m
(Standard Landegestell)



Sensor 3 offline: Effektive räumliche Auflösung 0,67 m
=> Entspricht EAC Level 2* (Standard Landegestell)



Dynamics of all magnetograms



In Kooperation mit:



*nach Schmidt et al. 2015, S. 13

Eine einfache Lösung...

Standard Landegestell

=> Sensor 3 befindet sich etwa 0,2 m von der Drohne entfernt.

Verlängertes Landegestell

=> Sensor 3 befindet sich etwa 0,4 m von der Drohne entfernt.



In Kooperation mit:

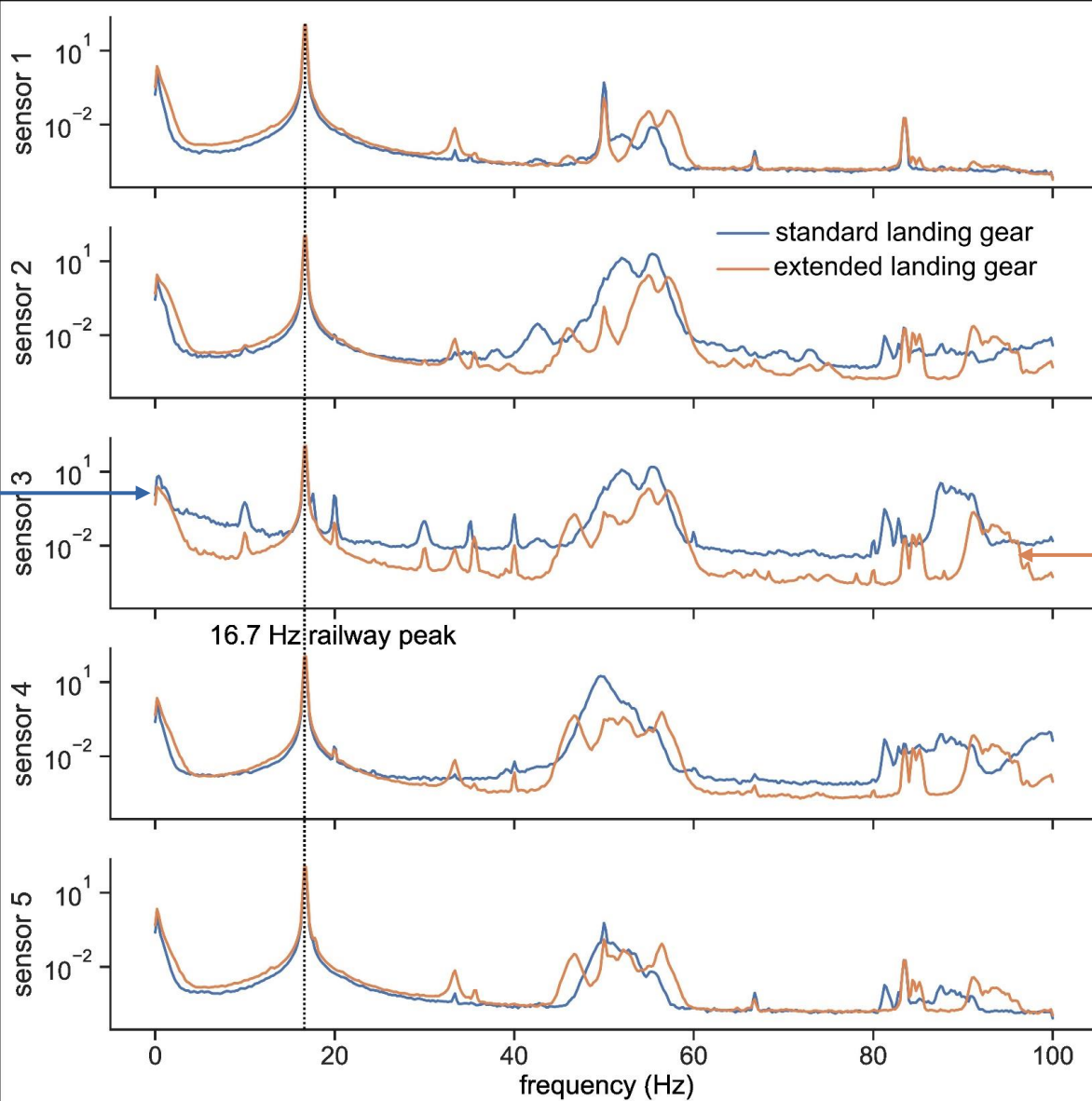


BAYERISCHES
LANDESAMT
FÜR DENKMAL
PFLEGE



... führt zu einem deutlich niedrigeren Rauschlevel!

Leistungsdichtespektren (PSDs) aller Sensoren



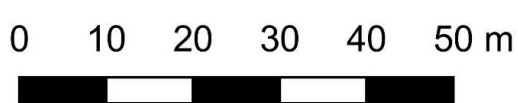
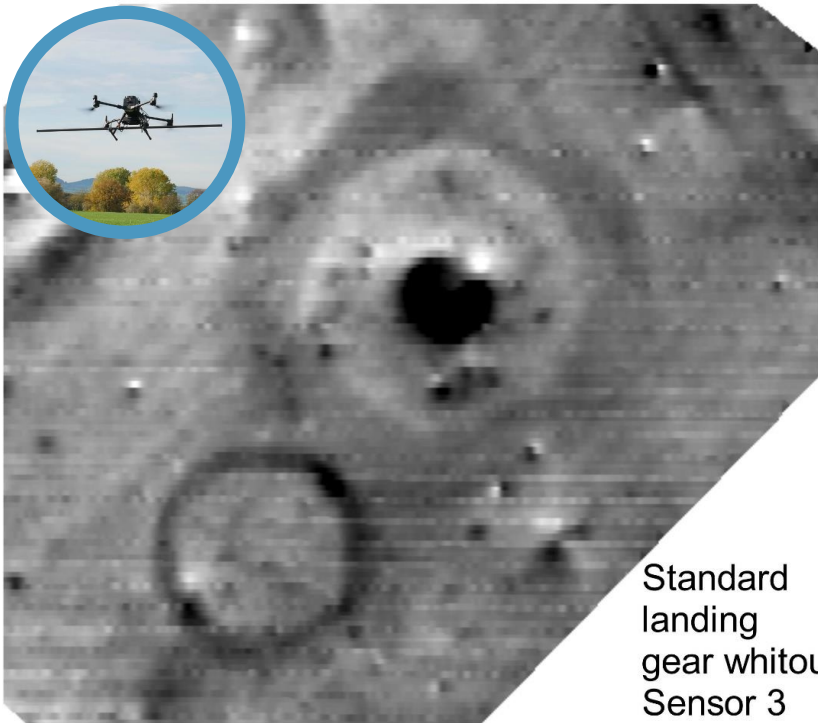
In Kooperation mit:



Auswirkungen eines geringeren Rauschens auf die Erstellung von Magnetogrammen

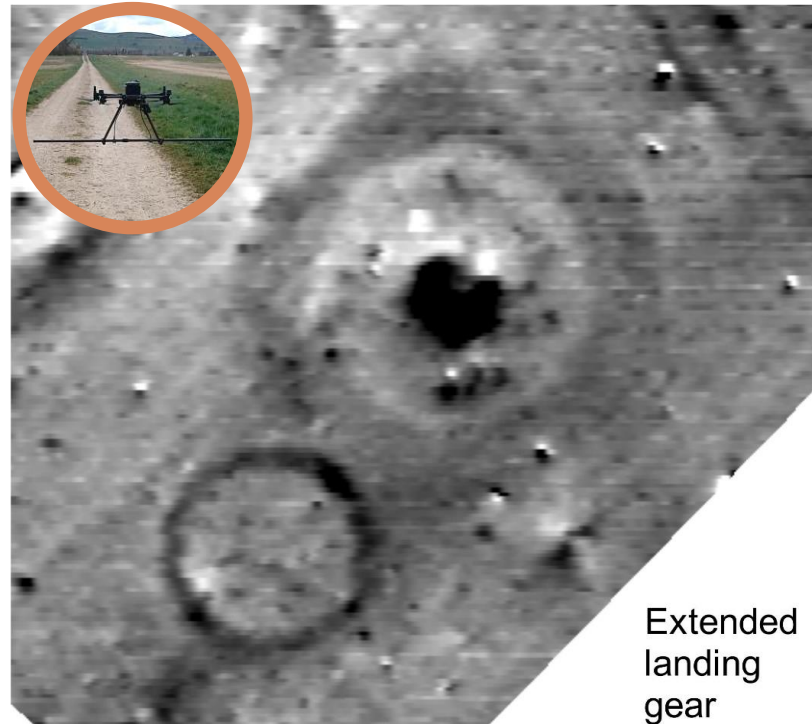
Effektive räumliche Auflösung 0,67 m

=> Entspricht EAC Level 2*

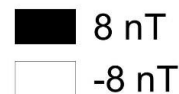


Effektive räumliche Auflösung 0,33 m

=> Entspricht EAC Level 3*



Dynamics of all magnetograms



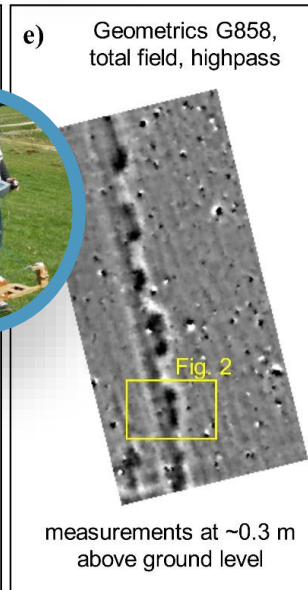
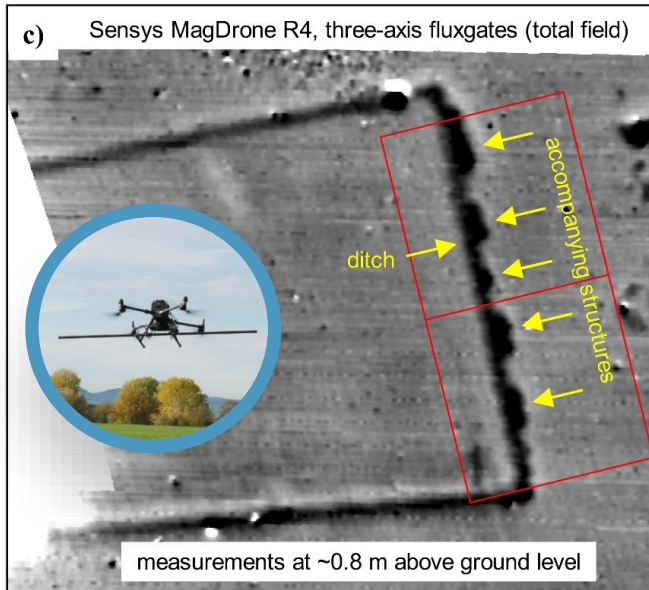
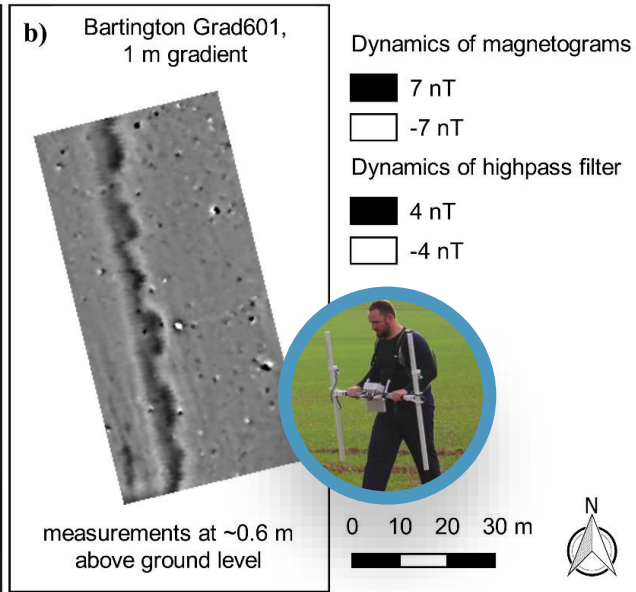
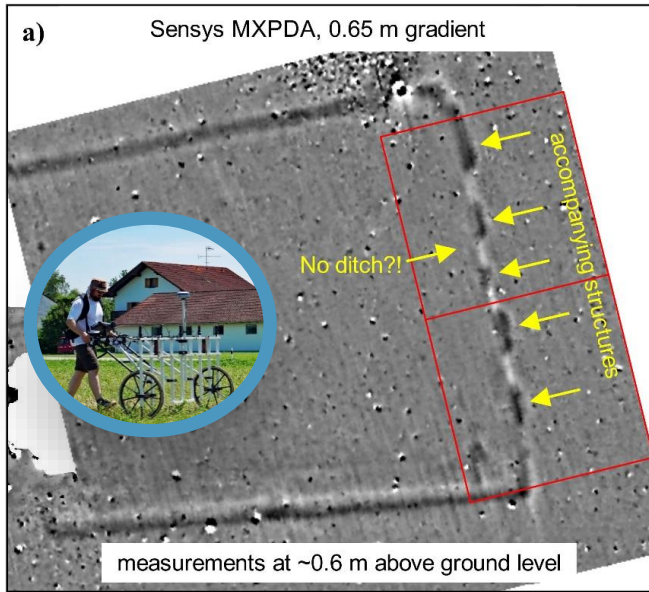
In Kooperation mit:



*nach Schmidt et al. 2015, S. 13

Vergleich der Tiefenauflösung Gradiometer vs. Caesium vs. R4

Totalfeld-Magnetometer sind herkömmlichen Gradiometern überlegen!

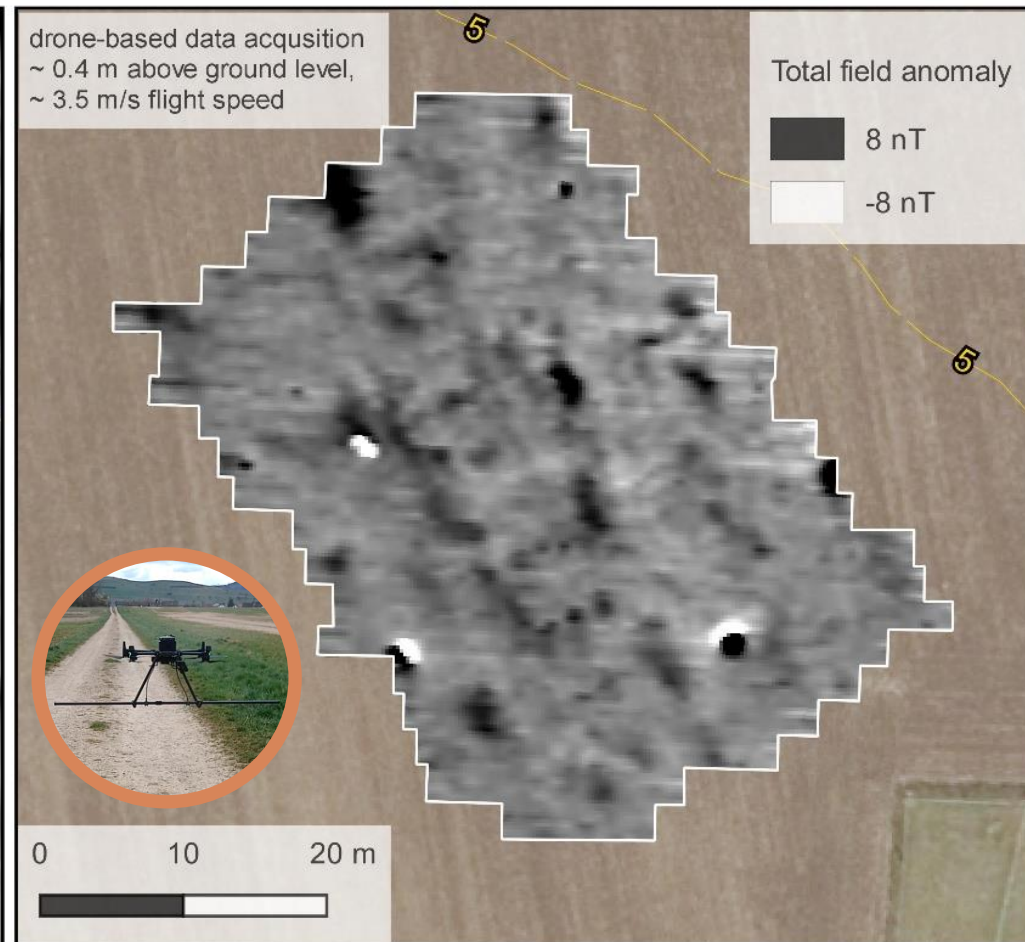
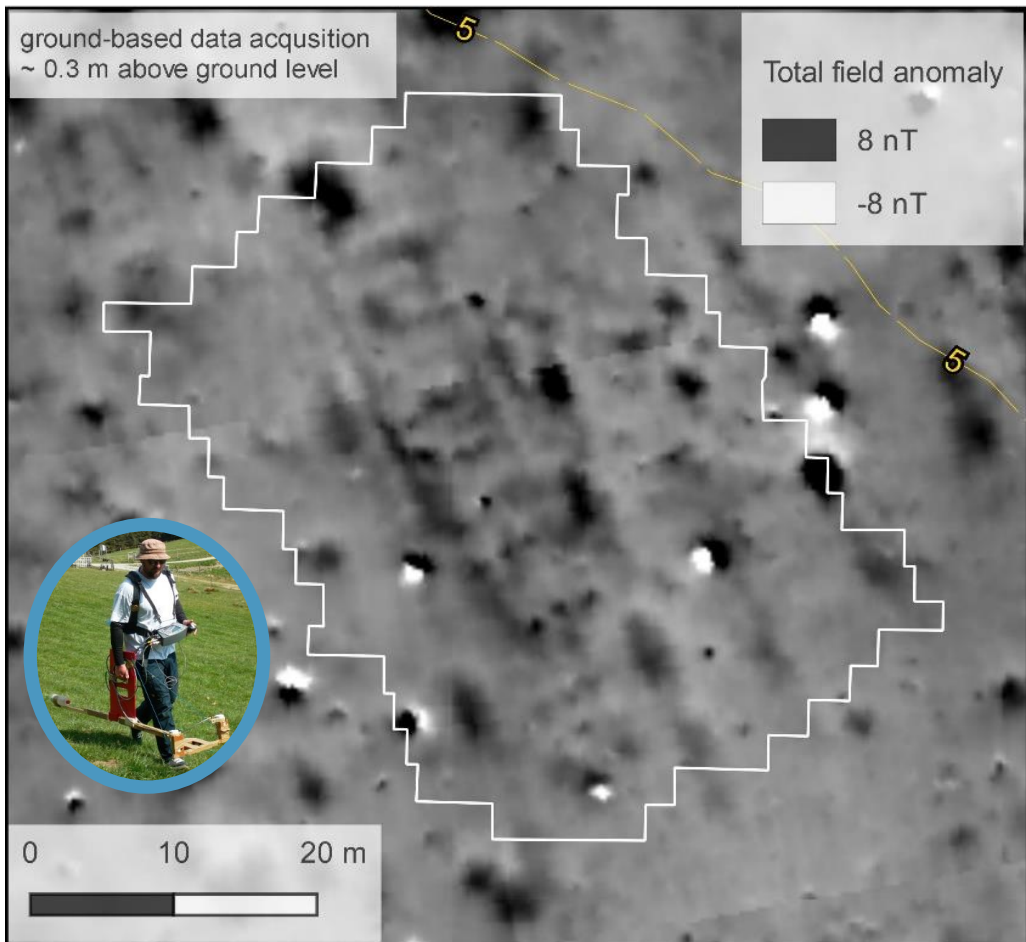


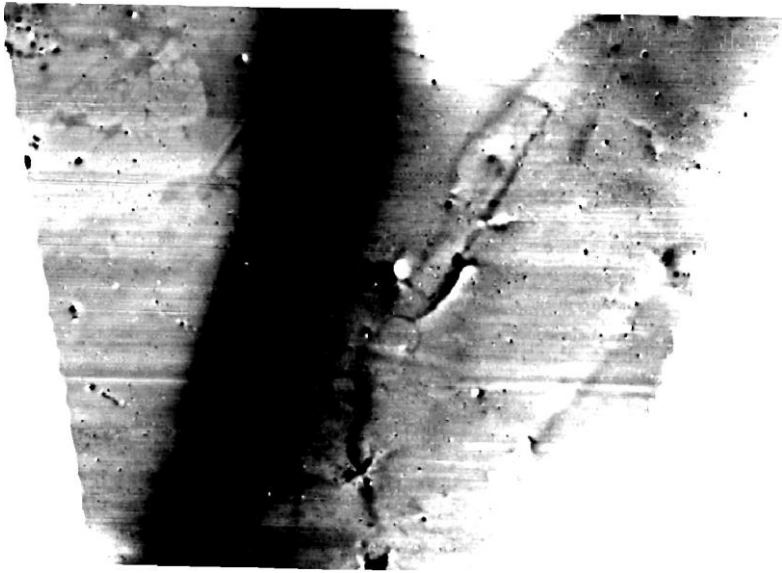
In Kooperation mit:



Untersuchung der Detektierbarkeit schwach magnetischer archäologischer Strukturen in Oberglauheim (Nördliches Schwaben, Deutschland)

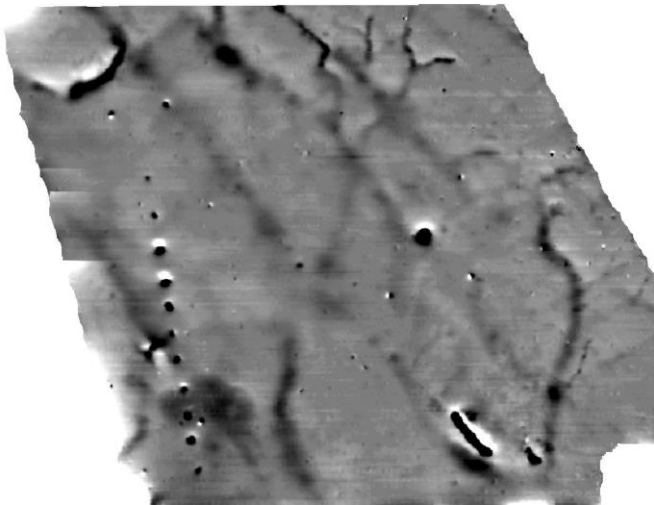
In Kooperation mit:





Terrestrische Messung einer Viereckschanze im Hegau

Geologische Anomalie wirkt sich aufgrund der hohen Empfindlichkeit und Auflösung der R4 stark aus.



Drohnenmessung einer karolingischen Befestigung

Durchzogen von Palaeokanälen. Im mittleren Bereich musste aufgrund nicht gemähter Flächen die Flughöhe um 20-30 cm erhöht werden.

→ **Bereits geringe Erhöhung des optimalen Abstands führt zu unscharfen Daten**

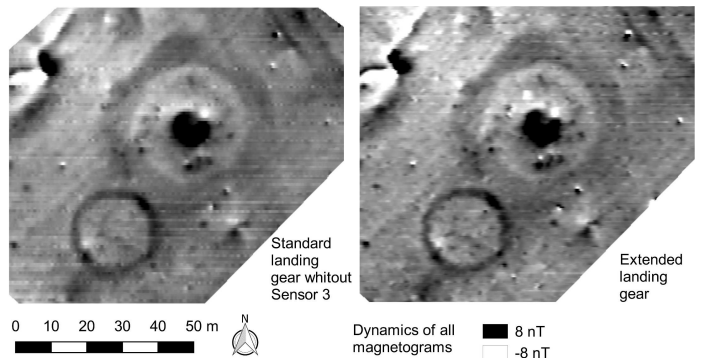
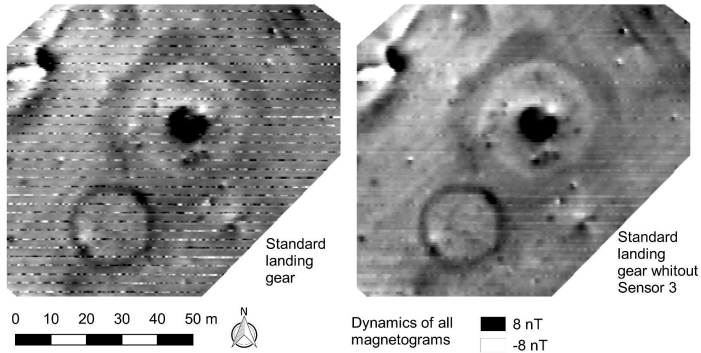
→ **Optimaler Sensorabstand: 40-60 cm AGL!**



Große Fortschritte in der Anwendbarkeit der Methode seit den ersten Feldversuchen 2022!

Datenqualität steht in direktem Zusammenhang mit Flugparametern, u.a.:

- Sensorabstand max. 60 cm
- Constant heading des Magnetometers, keine Wenden
- O-W Flugrichtung
- Verwendung des verlängerten Landegestells
- Fluggeschwindigkeit bis max. 3 m/s



Mit korrekten Parametern ist die drohnenbasierte Magnetikprospektion mit Totalfeldsensoren qualitativ den herkömmlichen Gradiometern ebenbürtig;

in einigen Aspekten sogar überlegen.



Unterwasser-Geomagnetik

Die hohe Auflösung und Empfindlichkeit ermöglicht erstmals Messungen von anthropogenen Anomalien im Flachwasserbereich bzw. Pfahlbaustationen.

&

Detektion von Schiffswracks.

Work in progress!

in Kooperation mit Kantonsarchäologie Zürich, BlfD und LMU, Publikation in Vorb.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

georg.haeussler@archaeotask.de

christian.seisenbacher@archaeotask.de

ArchaeoTask



Archäologie vor Ort.

www.archaeotask.de

- Fassbinder, Jörg, Bihler, Karin, Pechtl, Joachim. (2016). Siedlungskammer mit Dynamik: Prospektion linienbandkeramischer Siedlungen in Oberglauheim und Weilheim. Das Archäologische Jahr in Bayern. 2015. 169-171.
- Schmidt, A R, Linford, P, Linford, N, David, A, Gaffney, C F, Sarris, A, Fassbinder, J W E, 2015 EAC guidelines for the use of geophysics in archaeology: questions to ask and points to consider. Europae Archaeologia Consilium (EAC): Namur, Belgium.
- Stele, A, Kaub, L, Linck, R, Schikorra, M, Fassbinder, J W E 2023 Drone-based magnetometer prospection for archaeology. Journal of Archaeological Science 158, 105818.
- Stele, A., Dragomirov, D., Hahn, S., Seisenbacher, C., Häußler, G., Linck, R. and Fassbinder, J.-W.-E. (2025). How Soil and Sediment Magnetism Contribute to the Understanding of Archaeological Magnetometry Data. ArcheoSciences, 49-1(1), 405-408. <https://shs.cairn.info/revue-archeosciences-2025-1-page-405?lang=en>.
- Stele, Andreas, Seisenbacher, Christian, Kaub, Leon, Häußler, Georg , Linck, Roland. (2024). Small change, big consequence: Extended landing gear provides high quality drone-based magnetic data.