Geophysik
ERNSTSON
BÜRO FÜR GEOPHYSIK PROF. DR. DR. HABIL. KORD ERNSTSON
Messungen - Beratung - Gutachten

Am Judengarten 23
97204 Höchberg
Tel./Fax 0931 4070115
Tel. 0931 85285
kernstson@ernstson.de
www.ernstson.de
www.geophysik.de

Vorgeschichtlicher Fundplatz Schwanfeld, Lkr. Schweinfurt

Messungen der Geophysik mit EBINGER TDEM UPEX® 470 M und Magnetometer Gradiometer MAGNEX® 100 B

Mai 2017

von Kord Ernstson & Till Ernstson

1 Vorbemerkungen

Der bandkeramischer Fundplatz mit den angeblich ältesten bandkeramischen Häusern in Deutschland birgt reichliche steinzeitliche bis (untergeordnet) LaTène-zeitliche Funde auf den Äckern der Umgebung und hat zur Errichtung des bekannten Bandkeramik-Museums in Schwanfeld (seit 2010) geführt. Die Betreuung der Ausgrabungen und Funde sowie die Gründung des Museums ist eng mit Prof. Dr. Jens Lüning, Frankfurt, verbunden.

Abb. 1. Aus dem Bandkeramik-Museum. Quelle: Wikimedia commons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bandkeramik-Museum_Schwanfeld_07.jpg.

Eine starke Konzentration von Funden auf einem Acker mit reichlich Bruchstücken von Reibsteinen führten zur Vermutung einer Siedlungsstelle mit möglicherweise Resten von Wohnbauten, Fundamenten usw.

In Absprache Mit Prof. Lüning wurde vor zwei Jahren von uns eine erste Geophysik-Kampagne mit einer Widerstandskartierung (Gradienten-Methode) als Vorbereitung für gegebenenfalls durchzuführende Ausgrabungen vorgenommen (Abb. 2, Abb. 3).

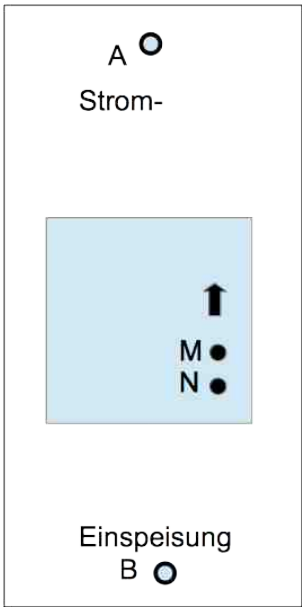

Abb. 2. Aufstellung beim geoelelektrischen Gradientenverfahren. Die Stromerder A, B bleiben fixiert, und die Spannungserder M, N wandern in einem regelmäßigen Raster der Maschenweite 1 m (siehe Abb. 3, links).

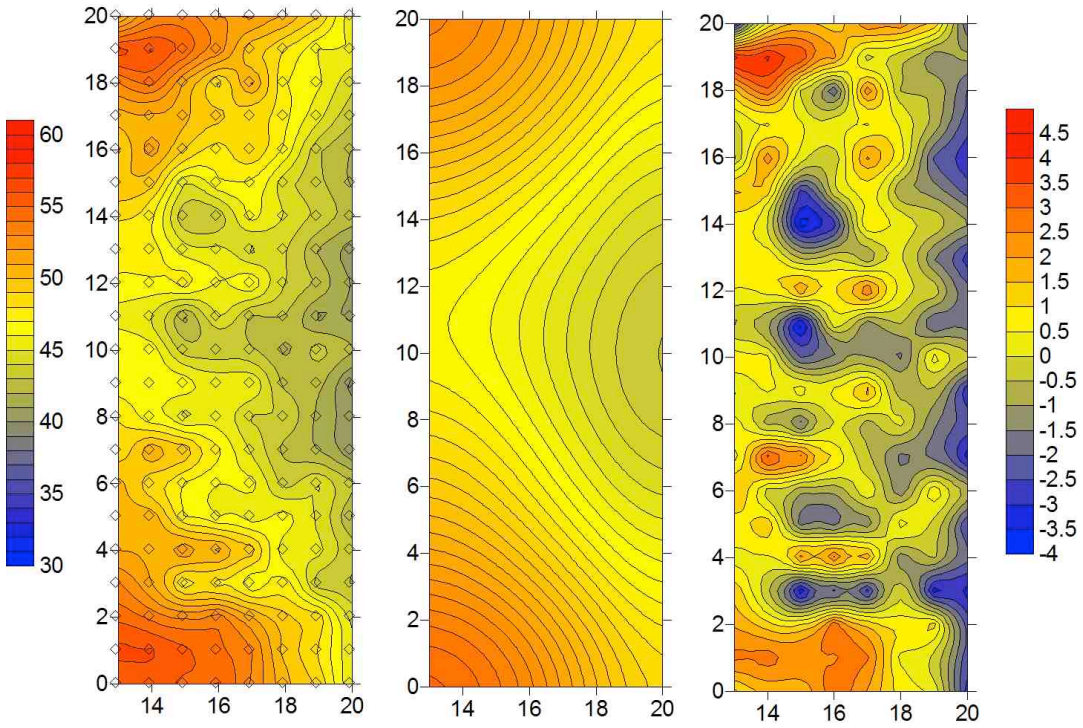

Abb. 3. Widerstandskartierung nach der Gradientenmethode. Links: Originaldaten des scheinbaren spezifischen Widerstandes in relativen Einheiten (rot relativ höhere, blau relativ niedrigere Werte). Rauten: Messpunkte. - Mitte: Stark tiefpass-gefiltertes Feld. Es berücksichtigt die sich beim Wandern der Spannungserder verändernde Geometrie der Messanordnung. - Rechts: Das geometrie-korrigierte Feld entsteht durch Differenzbildung Feld links - Feld Mitte. Rot = relativ höhere, blau relativ niedrigere Widerstände.

Wegen eines Equipment-Defekts musste die Messung vorzeitig abgebrochen werden, aber die bisher erkennbaren Widerstandsstrukturen mit einem offenbar recht regelmäßigen Muster ließen eine geologische Ursache ausschließen und an ein anthropogenes Wirken denken.

Das war der Auslöser für eine erneute Kampagne für Testmessungen mit einem kombinierten Einsatz der EBINGER-Equipments UPEX 740 M (TDEM Impuls-Elektromagnetik) und MAGNEX 100 B (Magnetometer/Gradiometer) auf einer wesentlich vergrößerten Fläche.

2 Durchführung der Messungen: Die Messfläche und Messsysteme

Die Messungen mit UPEX und MAGNEX wurden auf einer 50 m x 50 m großen Raute (Abb. 4) durchgeführt. Die Profile wurden identisch bei einem Abstand von 1 m registriert. Die Abtastrate auf den Profilen betrug ca. 6 cm. Bei der UPEX-Impulsmessung wurde eine Delay-Zeit von 55 µs gewählt. Vergleichsmessungen mit kürzeren und längeren Delay-Zeiten sind vorgesehen.

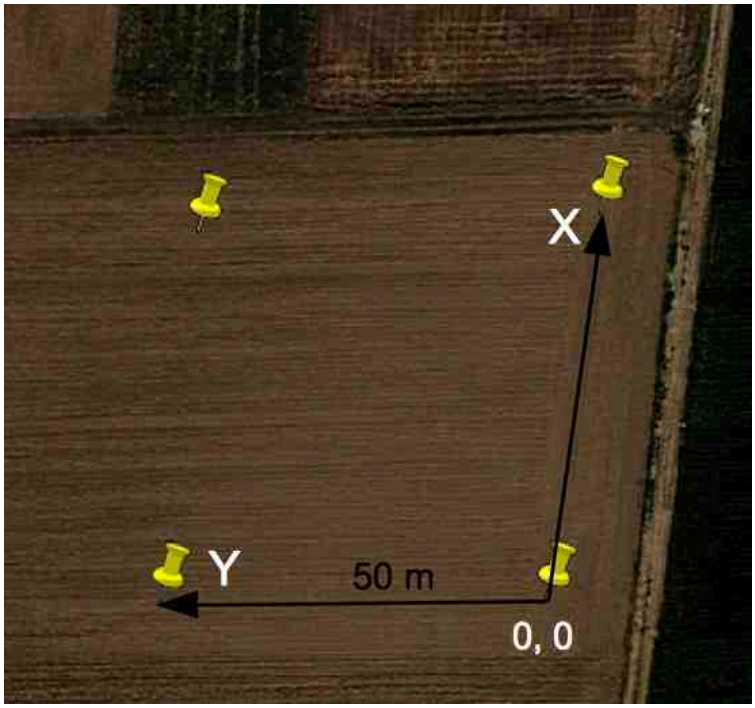

Abb. 4. Die 50 m x 50 m große Messraute mit eindeutigem Bezug zum Wegesystem. Google Earth.

Abb. 5. Messsystem EBINGER UPEX 740 M auf dem Maisacker bei Schwanfeld. Der Untergrund ist trockener krümeliger Löss.

Abb. 5. Digital-Messsystem EBINGER MAGNEX 100 B auf derselben Messfläche und entlang derselben Spuren wie bei der UPEX-Messung.

3 Datenbearbeitung

Die UPEX- und MAGNEX-Daten wurden mit dem Programm SURFER in Karten der Isolinien-/Isoflächendarstellung überführt. Dafür wurde die original rautenförmige Messfläche auf ein Quadrat mit einem orthogonalen X,Y-Koordinatensystem (Voraussetzung für SURFER) abgebildet, mit dem die weiteren Bearbeitungsschritte vorgenommen wurden. Für spätere Vergleiche wurde diese Verzerrung rückgängig gemacht.

Zu den Schritten einer Weiterverarbeitung der Daten gehören eine Zentrierung durch Mittelwertbildung und Differenzbildung sowie verschiedene Filterprozesse und Profilentnahmen.

4 Ergebnisse

Der Einfachheit halber und um einen direkten textlichen Zusammenhang herzustellen, werden die Erläuterungen zu den Ergebnissen der Messungen jeweils den Abbildungsunterschriften zugeordnet.

4.1 UPEX 740 M Impuls-Elektromagnetik

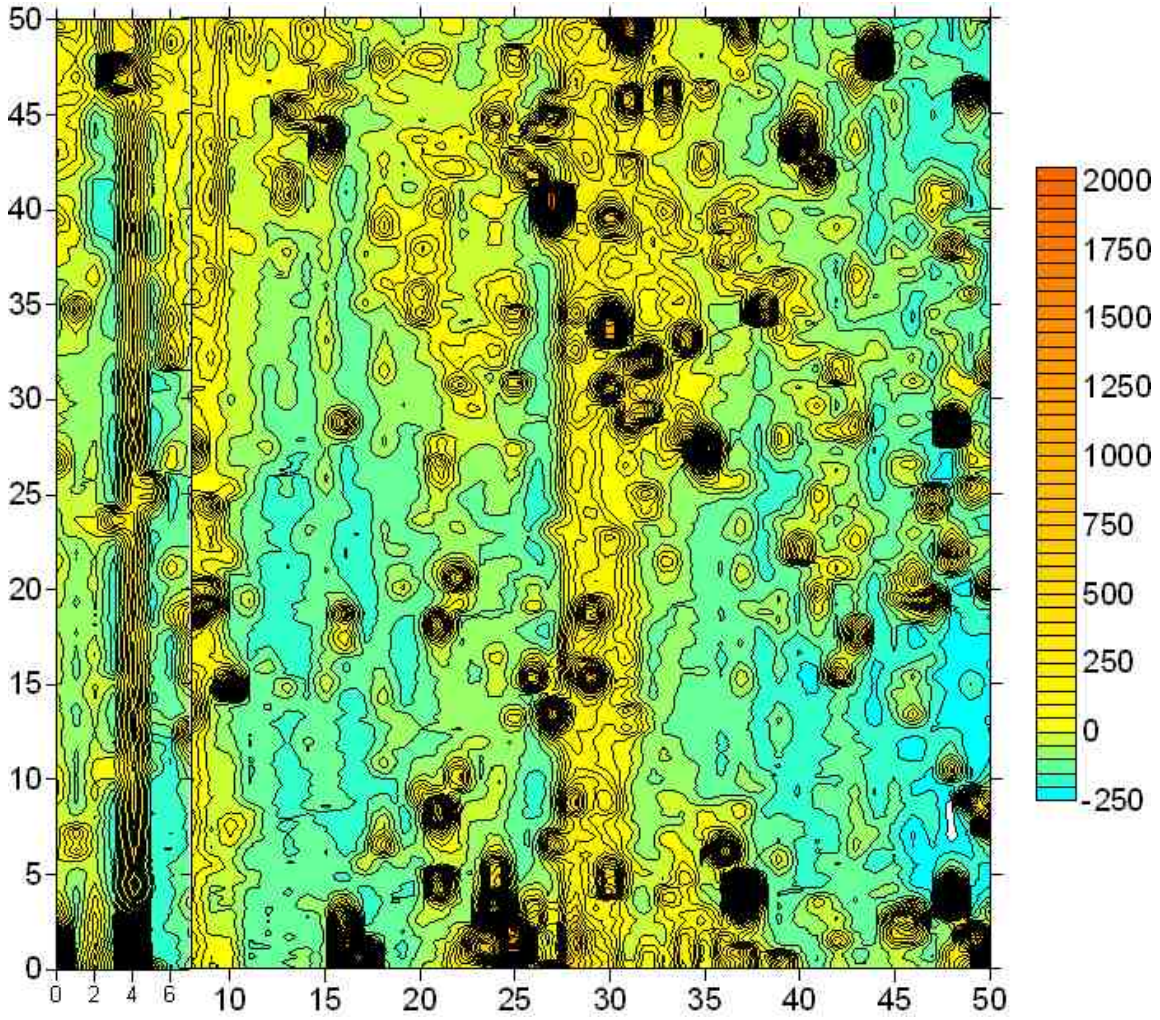

Abb. 6. Anomalien der UPEX-Impulselektromagnetik. 55 µs Delay. Die Messfläche der Impulselektromagnetik ist charakterisiert durch eine flächige Widerstandsverteilung mit teilweise auffälligem Streifenmuster und einer Überlagerung durch zahllose stärkere Anomalien der Größenordnung 1 m (jeweils auf einer Spur). Eine Regelmäßigkeit der Lage im Gelände ist nicht zu erkennen. Ein bestimmter Typ von Anomalien mit eckiger bzw. halbseitig eckiger Form zeichnet sich ab (Abb. 7). Eine Deutung der Anomalien zum gegenwärtigen Zeitpunkt muss offenbleiben, zumal eine Korrespondenz zu der Magnetik-Registrierung nur in wenigen Fällen klar zu erkennen ist (siehe Abb. 11). rel. Einheiten.

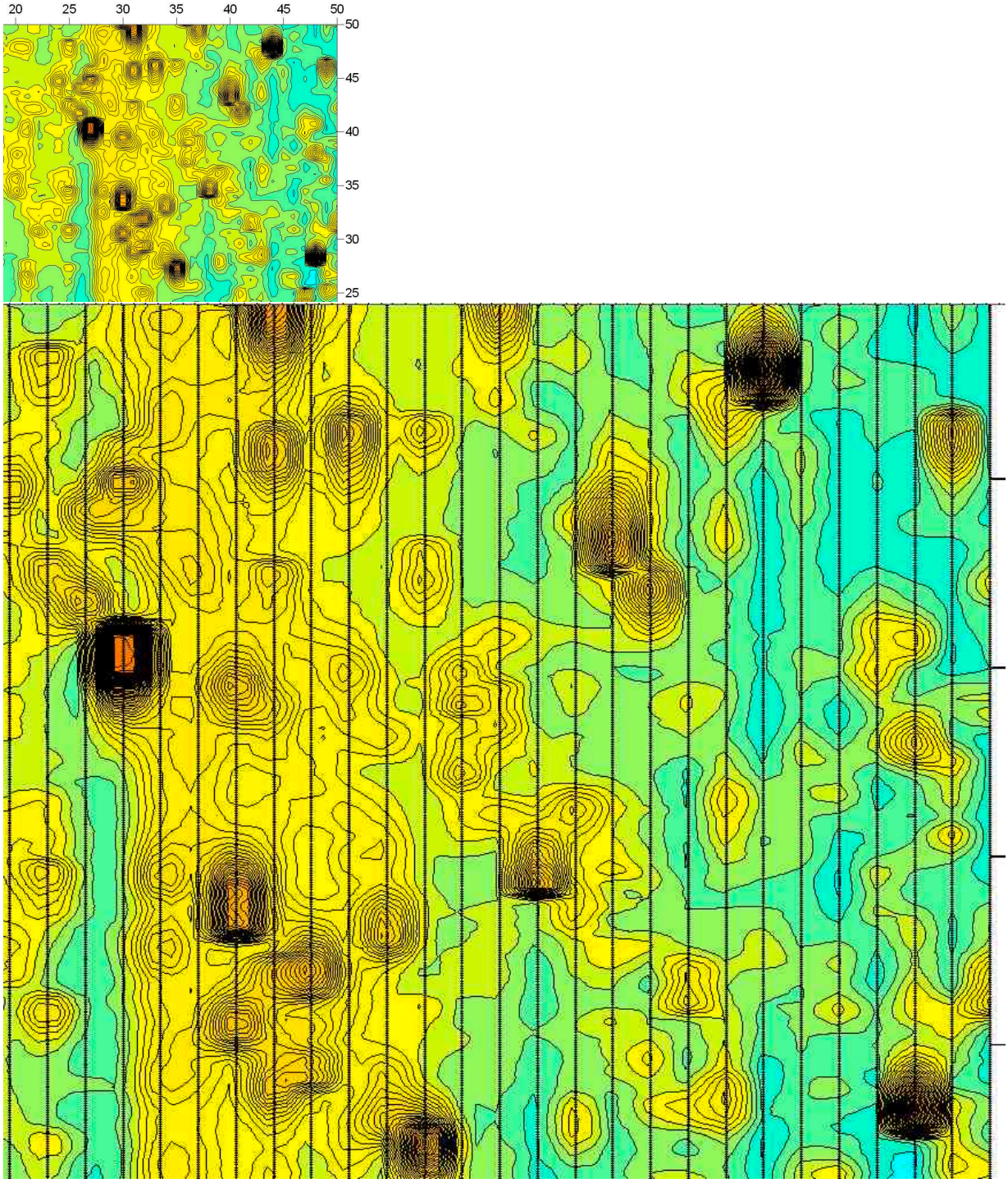

Abb. 7. Ausschnitt aus Abb. 6 mit Vergrößerung typischer Einzelanomalien. Linien: Messlinien im Abstand von 1 m als Führungslinien für die Mitte der UPEX-Schleife.

4.2 Magnetometer/Gradiometer-Messung mit MAGNEX 100 B

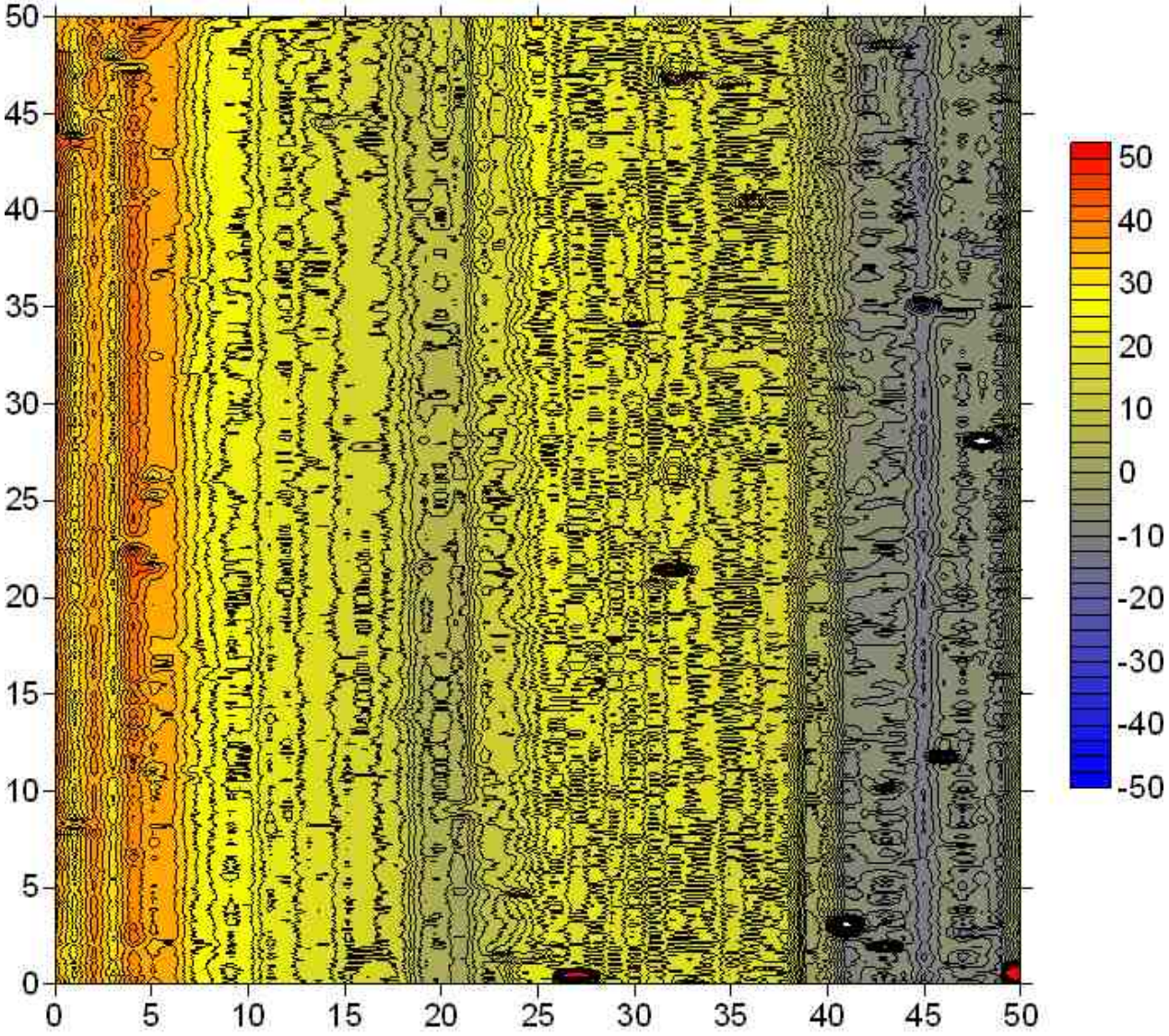

Abb. 8. Anomalien der Magnetfeld-Messungen (MAGNEX 100 B). Noch sehr viel deutlicher ausgeprägt als bei der UPEX-Messung ist ein streifenartiges Muster. Wie die weiteren Ausführungen zeigen, handelt es sich nicht um einen instrumentellen Effekt. Einheit nT; gilt auch für die folgenden MAGNEX-Abbildungen.

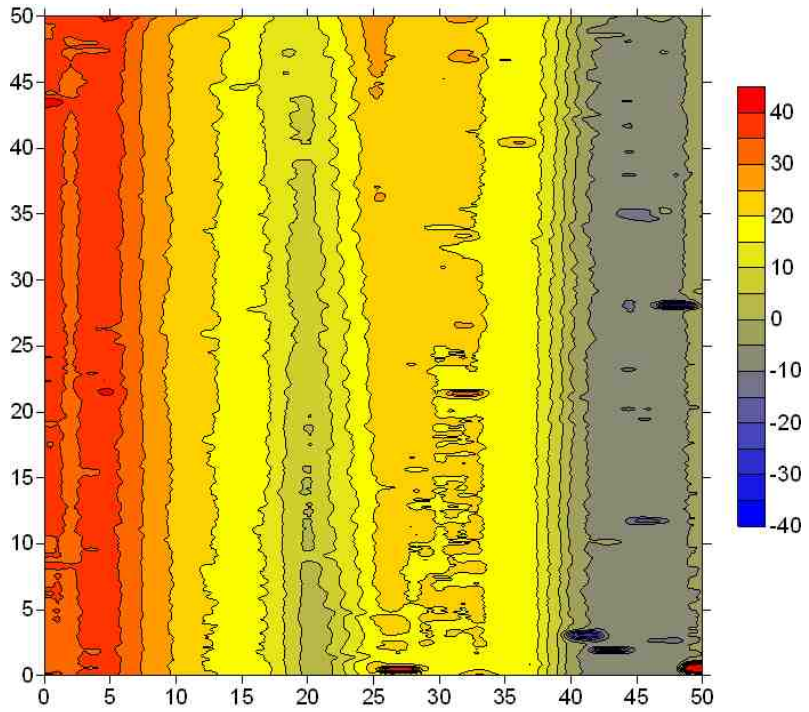

Abb. 9. Eine Tiefpass-Filterung des Feldes von Abb. 8 betont ein Muster mit jeweils breiteren Streifen und mit leicht unterschiedlichen Streichrichtungen der Begrenzungen (Abb. 10).

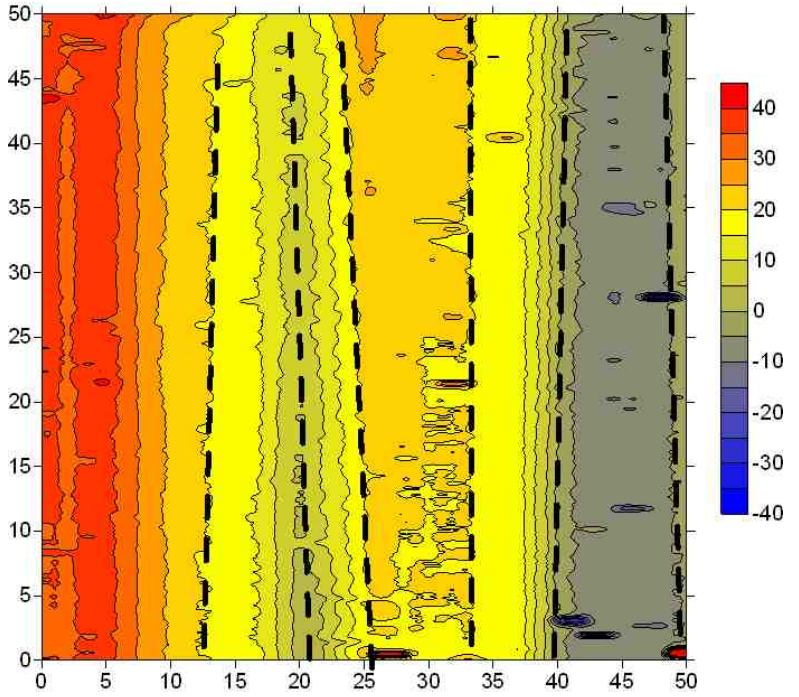

Abb. 10. Streichrichtungen der Streifen mit leicht unterschiedlicher Orientierung (gestrichelte Linien).

4.3 Gegenüberstellung Impuls-Elektromagnetik (UPEX) und Magnetik (MAGNEX)

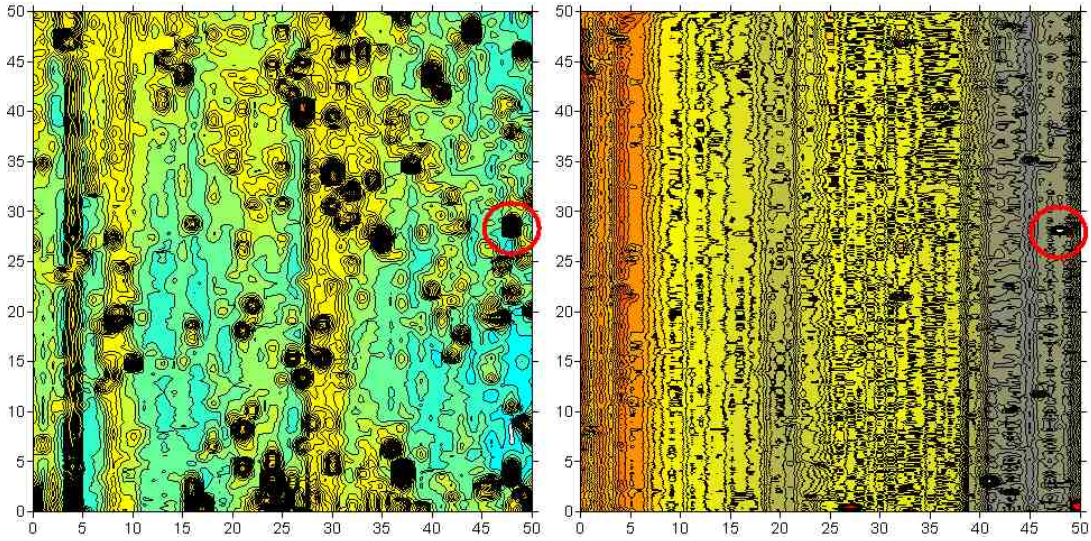

Abb. 11. Die Gegenüberstellung der Felder von Elektromagnetik (UPEX, links) und Magnetik (MAGNEX, rechts) zeigt eine gewisse Korrespondenz bei den streifenförmigen Anomalien, sonst aber einen ins Auge springenden Unterschied bei den Anomalien von Einzelobjekten mit großen Amplituden, die (abgesehen von Einzelfällen, z.B. rot eingekreist) keine signifikanten Gegenstücke in der Magnetik besitzen. Gezielte Versuche müssen zeigen, ob der Unterschied z.B. die Reaktion auf sehr kleinstückige eisenmetallische Objekte ist, die bei der 1 m^2 großen Schleife praktisch flächendeckend erfasst werden, beim linienförmigen Bewegen der MAGNEX-Sonde bei seitlicher Lage aber zu schwache Wirkung haben. Befriedigend ist das nicht, da auf der großen Gesamtfläche diese fraglichen Objekte auch häufiger auf oder nahe der Messlinie liegen sollten und in beiden Feldern zu sehen sein sollten. Im für die Magnetik ungünstigsten Fall, dass das Objekt genau in der Mitte zwischen zwei Spuren liegen sollte, wäre eine mehr oder weniger identische Anzeige in zwei direkt benachbarten UPEX-Spuren zu erwarten - was nicht der Fall ist. Einer einfache physikalische Erklärung wäre, dass es sich bei den zahlreichen starken UPEX-Anomalien um nicht-eisenmetallische Objekte handelt, die es testweise auszugraben gilt.

4.4 Profildarstellungen

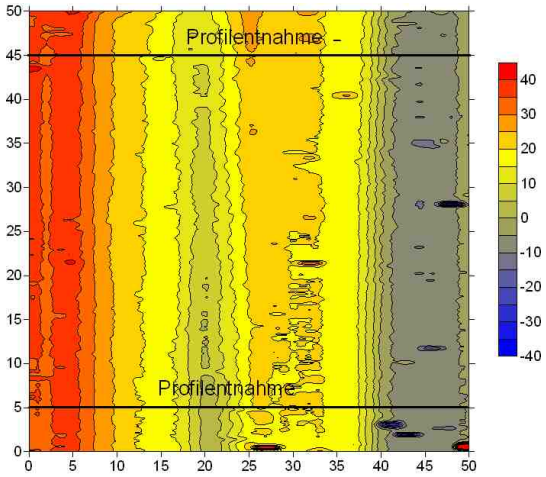

Abb. 12. Für die leicht tiefpass-gefilterte Magnetik-Fläche der Abb. 9 wurden für die hier gezeigten Linien bei Y = 45 m und Y = 5 m Profile der Magnetfelddaten entnommen, was Abb. 13 zeigt.

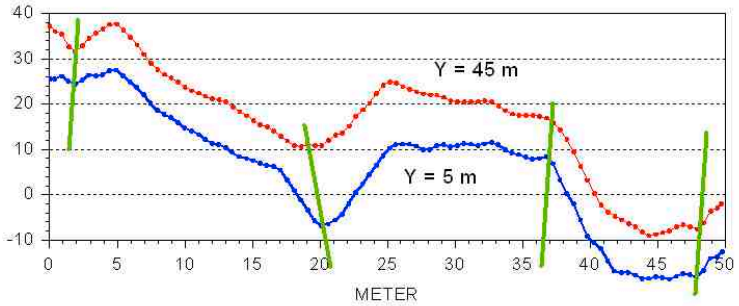

Abb. 13. MAGNEX-Daten für die Profile in der Abb. 12. Der nahezu identische Verlauf bei einem Abstand der Profile von immerhin 40 m ist erstaunlich. Auch das Streifenmuster in Abb. 9/12 wird besonders betont, wobei die grünen Linien einer Korrelation auch wieder die etwas unterschiedlichen Streichrichtungen im Muster (Abb. 10) betonen.

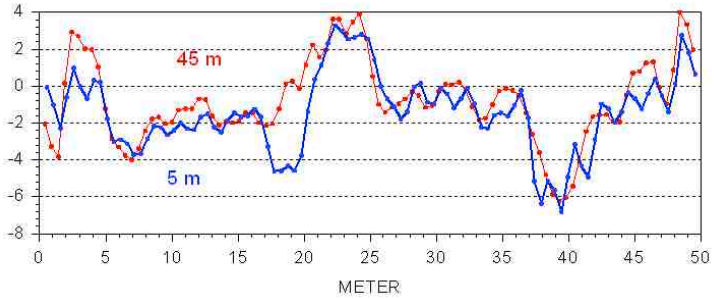

Abb. 14. Die verblüffend ähnlichen Magnetik-Profile bei 40 m Profilabstand werden durch den Horizontalgradienten (mathematisch: Differenzieren der Kurven in Abb. 13) besonders herausgestellt. Die kurzwelligen Schwankungen mit einer Periode von ca. 2 m könnten das Resultat einer ganz leichten Unsymmetrie im Messsystem sein und durch das Mäandrieren beim Profilablaufen entstanden sein. Abb. 18 wird zeigen, dass das kurzwellige Signal vermutlich auch einem eng streifenförmig unterschiedlich magnetisierten Material zugeschrieben werden kann, wobei sich beides nicht völlig gegenseitig ausschließen muss.

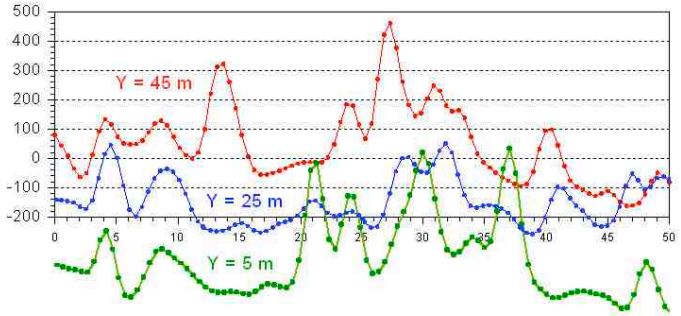

Abb. 15. Profilentnahme für die Linien bei Y = 45, 25 und 5 m aus der leicht tiefpass-gefilterten UPEX-Fläche. Wie nicht anders zu erwarten, ist die Korrespondenz mit Blick auf die flächige Verteilung der Anomalien in Abb. 6 weitaus wenige signifikant, wozu verständlicherweise insbesondere die verteilten starken Einzelanomalien beitragen. Eine abschnittsweise gut erkennbare Korrelation ist dennoch gegeben.

4.5 Die Messungen im topographischen Rahmen

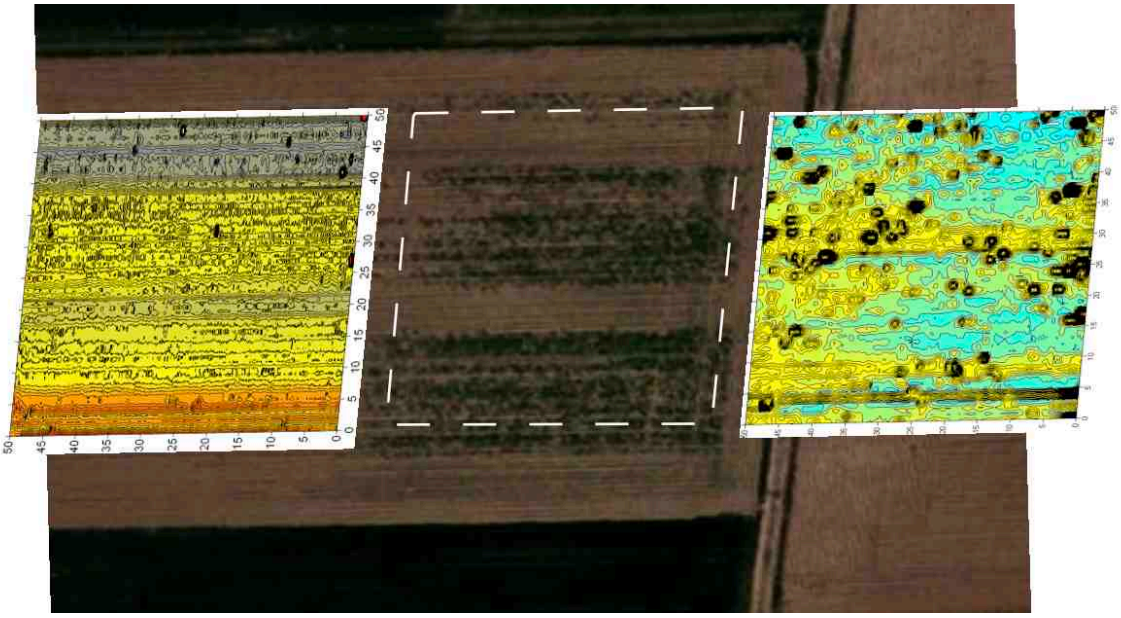

Abb. 16. Luftbild der Untersuchungsfläche im BayernAtlas. Was immer wieder zu konstatieren ist, zeigt hier der Vergleich mit Abb. 4 mit der Aufnahme derselben Fläche von Google Earth - nur zu einer anderen Zeit. Offenbar durch menschliches Einwirken auf die Bodenstruktur hat sich ein Streifenmuster ausgebildet, das erheblichen Einfluss auf die beginnende Vegetation hat, was zufällig genau zu diesem Zeitpunkt fotografiert wurde.

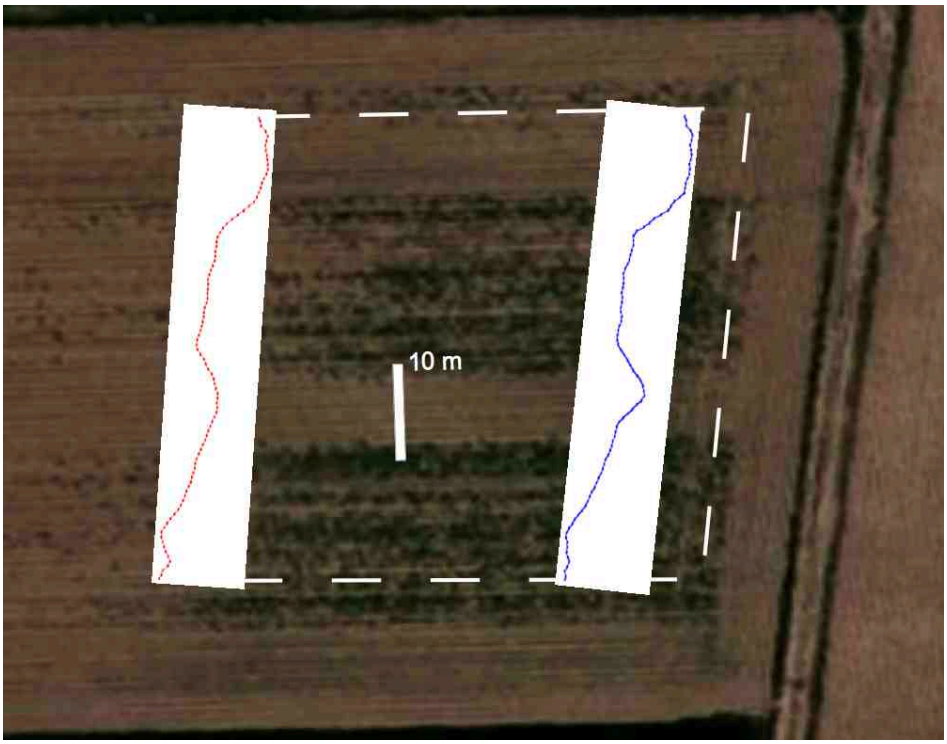

Abb. 17. Korrespondenz des topographischen Bildes (Luftbild BayernAtlas), das eine deutliche Boden-/Vegetationsstreifung zeigt, mit den Magnetfeldkurven der Abb. 13.

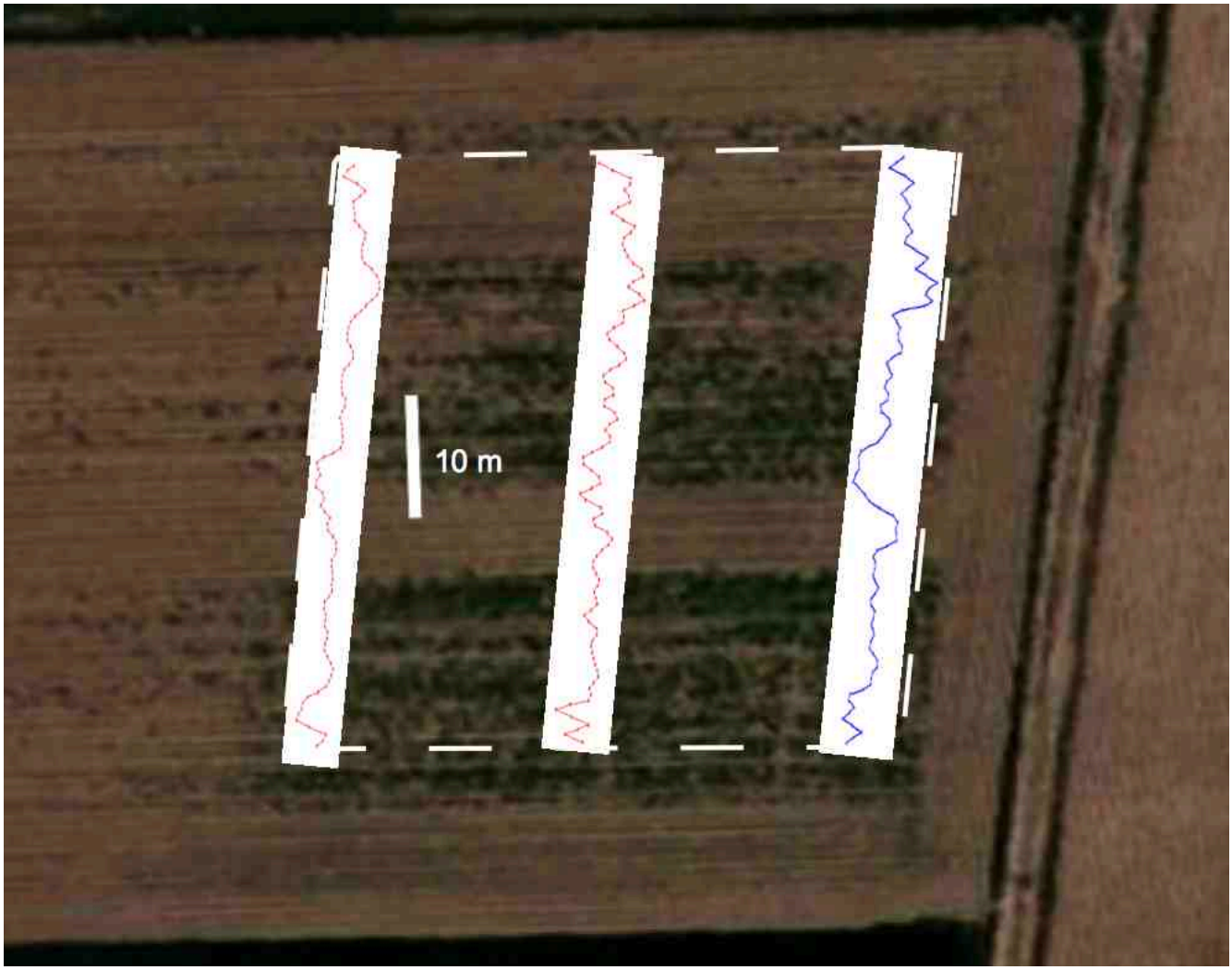

Abb. 18. Magnetik-Gradientenkurven der Profile von Abb. 14 mit ergänzter berechneter Kurve für ein mittleres Profil. Bei den höher auflösenden Gradientenkurven wird die Korrespondenz zu dem engeren Streifenmuster des Luftbildes besonders deutlich.

4.6 Die Geophysik-Messungen und das Digitale Geländemodell DGM 1

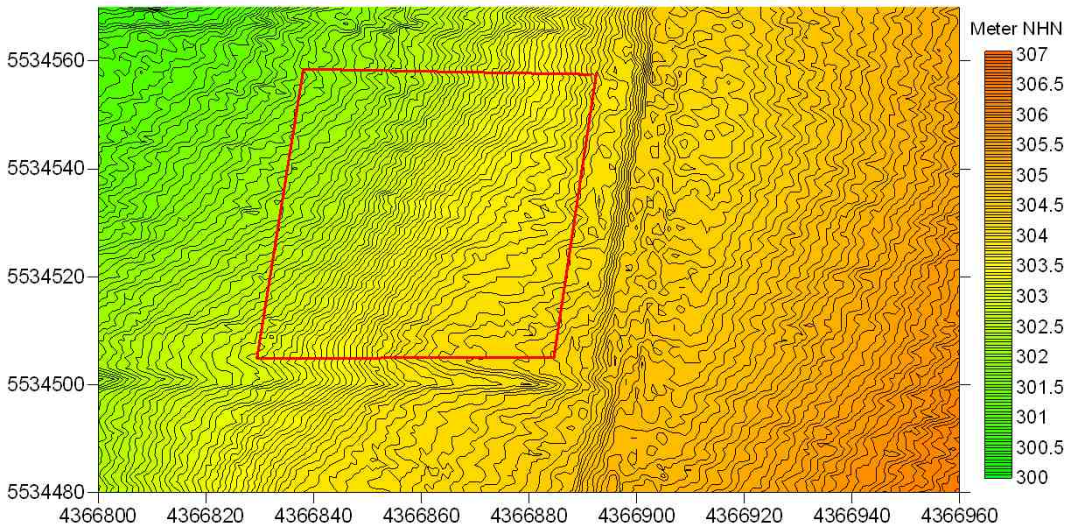

Abb. 19. Das DGM 1 ist ein neuartiges Verfahren, die Geländeoberfläche mit einem LIDAR genannten, lasergestützten Scannen zu erfassen. Bei einem digitalen Messpunktraster von 1 m und einer vertikalen Auflösung von 20 cm (mit Interpolation auch geringer) stellt sich die reine Bodenoberfläche ohne störende Gebäude und Vegetation einschließlich von Wäldern dar. Darstellungen in Form von wählbar zu beleuchtenden Schummerungskarten (Abb. 20) bieten in jüngster Zeit vermehrt erstaunlich aussagekräftige Bilder für viele Zwecke der geologischen und hydrogeologischen Bearbeitung. Die Karte zeigt das Geländerelief für das Messfeld und sein Umfeld mit einem Abstand der Höhenlinien von 5 cm. Einige horizontale (West - Ost) Strukturlinien durchziehen das Gelände, was in der Schummerungskarte der Abb. 20 wesentlich deutlicher erscheint. Gauß-Krüger Koordinaten. Quelle für dieses und die folgenden DGM 1-Graphiken Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung.

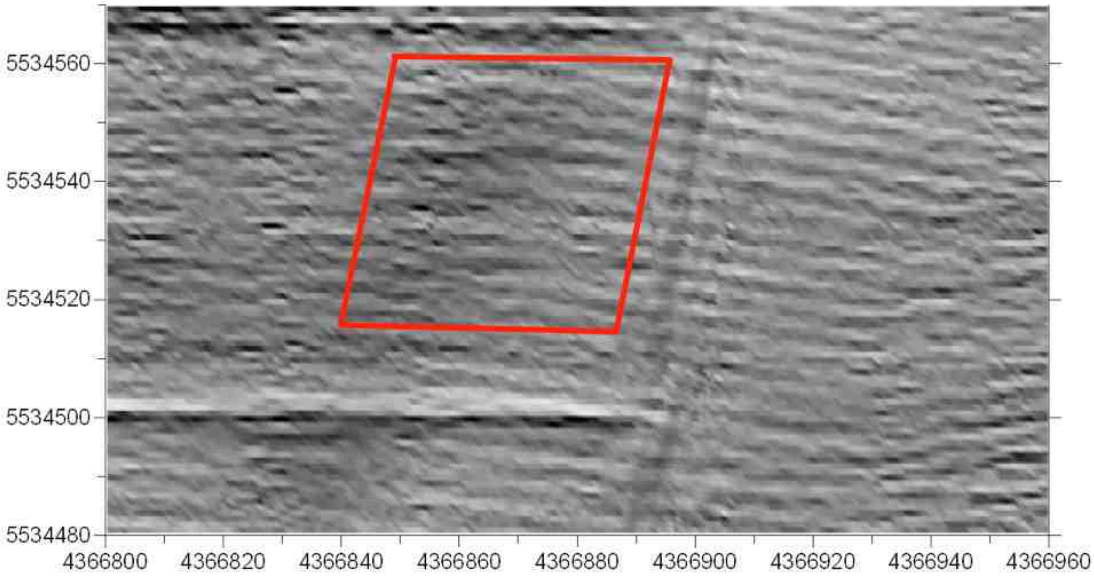

Abb. 20. DGM 1: Die Schummerungskarte für die Messfläche und Umgebung zeigt überraschenderweise ein äußerst regelmäßiges Streifenmuster nach Art eines Wellblechs, wobei sich offensichtlich mindestens drei Systeme unterschiedlicher Streichrichtung überlagern.

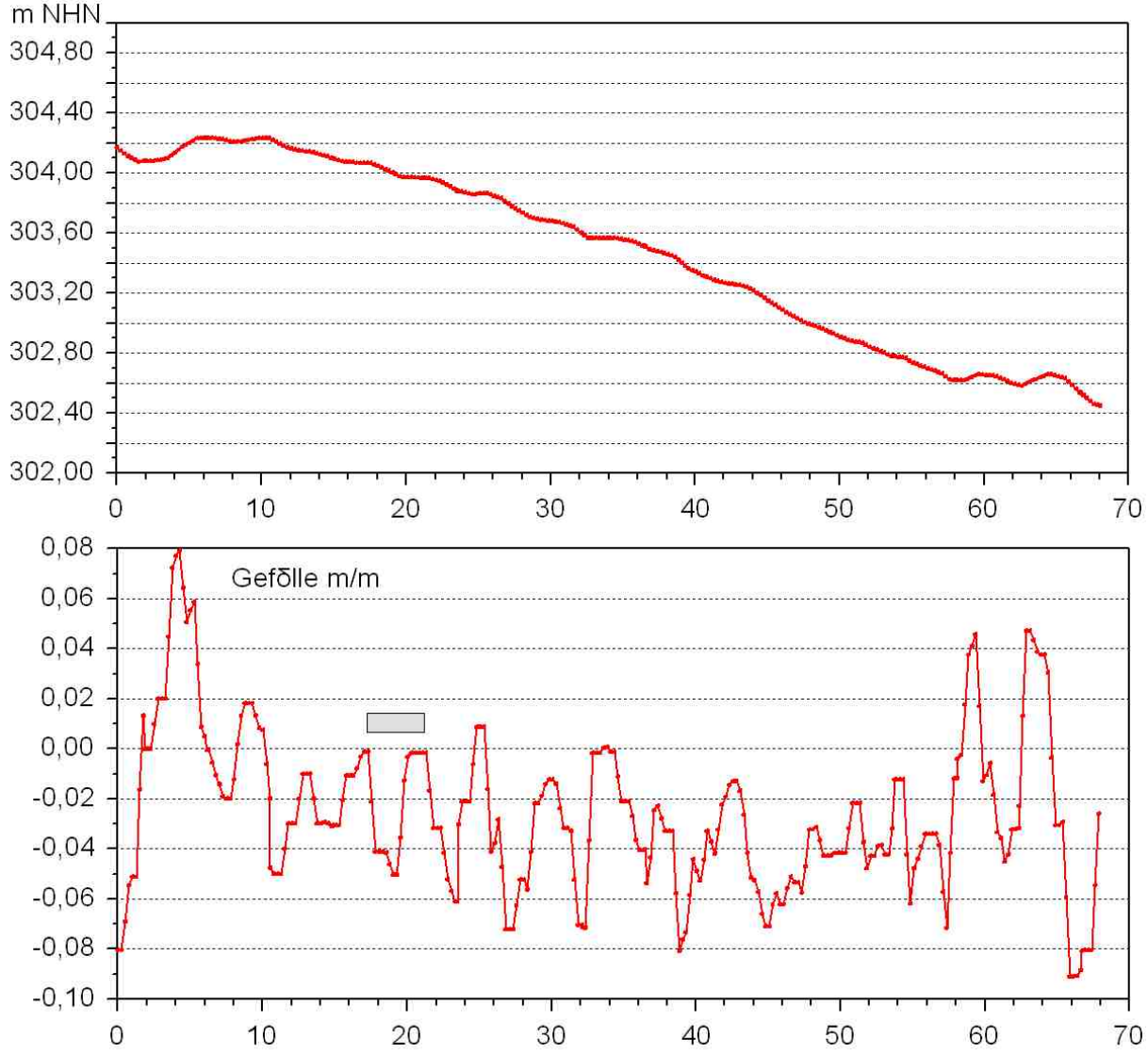

Abb. 21. Für eine Nord-Süd-Strecke wurde aus der topographischen DGM 1-Karte ein Höhenprofil entnommen (Lage in Abb. 22 links; die gezeichnete Linie noch um jeweils 10 m verlängert). Das Höhenprofil oben zeigt das Wellblechmuster angedeutet mit Höhenschwankungen von größenordnungsmäßig 10 cm. Klarer werden die Verhältnisse, wenn man die Höhenkurve differenziert (also die Gefällekurve konstruiert; unten), was zu einer mittleren Wellenlänge des "Boden-Wellblechs" von grob 4 m führt und eine gewisse Unsymmetrie von Berg und Tal andeutet,

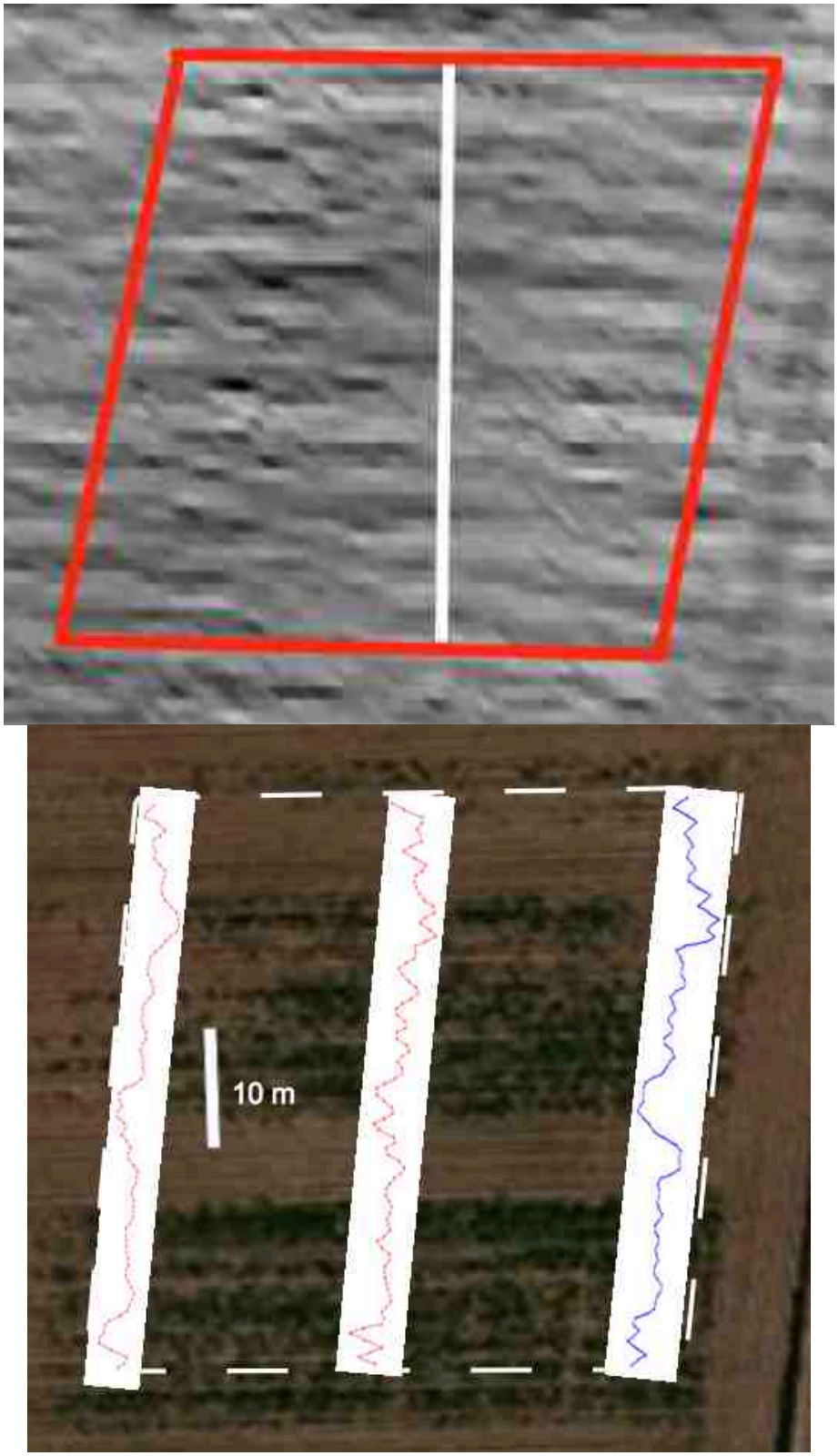

Abb. 22. Das Wellblech-Muster bringt die zuvor beschriebenen Streifenmuster von Bodenbeschaffenheit/Vegetation und Geophysik, insbesondere die Magnetik, ins Spiel. Dazu sind hier das DGM 1 mit der Schummerungsmorphologie der Luftbildaufnahme (BayernAtlas) mit den Magnetik-Profilen der Abb. 18 einander gegenübergestellt. Dabei drängt sich ein tieferer Zusammenhang auf, was durch den direkten Vergleich von Magnetik-Profil (entlang der weißen Linie, mittleres Profil rechts) und Geländeprofil (als Gefälle-Kurve) unterstrichen wird (Abb. 23).

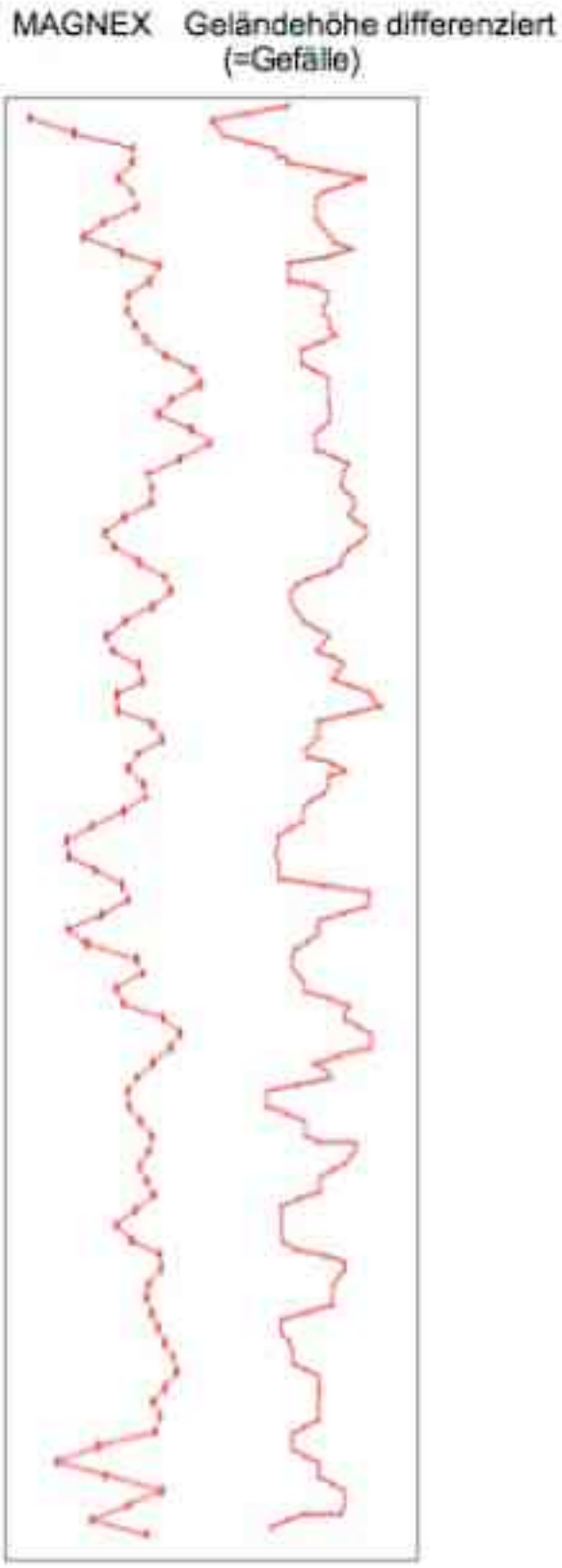

Abb. 23. Magnetik-Kurve und Kurve des Geländegefälles zeigen große (teils spiegelbildliche) Ähnlichkeit, die einen ursächlichen Zusammenhang nahelegt.

4.7 Die Messungen im topographisch-archäologischen Rahmen und das Phänomen der Wölb-Äcker

Die Wölb-Äcker entstanden im frühen Mittelalter, möglicherweise aber bereits in vorrömischer oder sogar in der Bronze-Zeit, gemäß der gängigen Deutung durch eine spezielle Pflügetechnik (Abb. 24), wobei der Zweck dieser Technik kontrovers diskutiert wird. Das Ergebnis waren Längsäcker mit Breiten von mehreren Metern und bis zu 100 m Länge und entsprechend wellenförmigen Geländeausformungen.

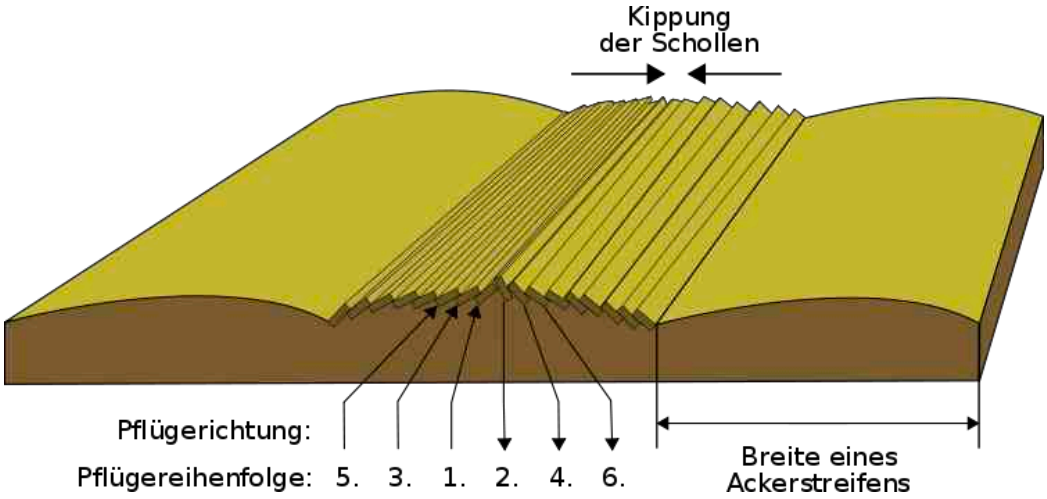

Abb. 24. Entstehung von Wölb-Äckern. Quelle: Wikimedia Commons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ridge_and_furrow-de.svg - Autor: Patagonier.

Die Idee, dass das bei Schwanfeld geophysikalisch erkannte Streifenmuster und die dann über das DGM 1 assoziierte Geländegestalt wahrscheinlich ein Ausdruck früherer großflächiger Wölbäcker-Bearbeitung sind, wurde von Till Ernstson formuliert. Dass diese Deutung zutreffen sollte, ist nach den klaren Befunden als plausibelste Erklärung kaum in Zweifel zu ziehen. Im Zusammenhang mit jüngere Untersuchungen z.B. am Bullenheimer Berg, sind entsprechende Strukturen im Digitalen Geländemodell sichtbar geworden.

4.8 Zusammenfassung

In Fortführung früherer geophysikalischer Test-Messungen mit der Widerstandsgeoelektrik wurden auf einem Acker bei Schwanfeld
kombinierte Messungen der Impuls-Elektromagnetik und der Geomagnetik auf einer Fläche der Größe 50 m x 50 m durchgeführt. Hintergrund sind Vermutungen über einen prähistorischen Siedlungsplatz, für den die Geophysik Nachweise liefern könnte.

Die sich deckenden Messungen auf Profilen in 1 m Abstand und mit einer Abtastrate von ca. 6 cm auf den Profilen haben Ergebnisse erbracht, die sich in dieser Form als

völlig unerwartet herausstellten. Es gibt zwingende Hinweise, dass sich in den Daten der Geophysik menschliche Bearbeitungsspuren auf ausgedehnten Ackerflächen in Form von sogenannten Wölb-Äckern niederschlagen. Direkt sichtbar sind diese Spuren als regelmäßige Muster der Geländeoberfläche im Digitalen Geländemodell DGM 1, wobei sich insbesondere eine enge Korrespondenz zu den Magnetfelddaten ergibt.

Diese Dokumentation mittelalterlicher oder weitaus früherer Ackerbau-Tätigkeit könnte sich neben der archäologisch ganz im Vordergrund stehenden Bandkeramik als ein weiterer Anziehungspunkt für die Schwanfelder Heimatkunde entwickeln.

Einen gewissen kleinen Wermutstropfen bedeutet diese Entdeckung insofern, als diese Überprägung der Geländeoberfläche mit den weitflächigen regelmäßigen Mustern ältere archäologische Strukturen z.B. der Bandkeramik nicht nur weitgehend maskieren dürfte, sondern dass solche möglicherweise vorhanden gewesenen Strukturen durch die Wölbäcker-Technik schon früh in Mitleidenschaft gezogen, wenn nicht gar zerstört worden sind.

Für die Geophysik ergibt sich deshalb die Frage nach einer tiefer greifenden Erkundungsmethodik, die wir in Form eines detaillierten Electrical Imaging für die Zukunft geplant haben.