

# Magnetics

Durchführungstag: 24.05.2022

Modul: Geophysik

Hydroxy-Gruppe

Aline Ulrich - 5772272 - B. Sc. Umweltnaturwissenschaften

Felix Peche - 5779804 - B. Sc. Umweltnaturwissenschaften

Hannah Gerlach - 5744334 - B. Sc. Umweltnaturwissenschaften

Sophia Wüsteney - 5741599 - B. Sc. Umweltnaturwissenschaften

Vivien Killer - 5768565 - B. Sc. Umweltnaturwissenschaften

Miriam Hungerbühler - 5760022 - B. Sc.

Umweltnaturwissenschaften

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Messort . . . . .	3
1.2	Methoden . . . . .	4
1.2.1	Durchführung . . . . .	4
1.3	Erwartungen . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>5</b>
2.1	Darstellung der Messdaten mit Isolinien . . . . .	5
2.1.1	Lokalisierung des Rohres . . . . .	8
2.2	Bestimmung der Tiefe . . . . .	9
2.2.1	Bestimmung der Tiefe- Total-Feld . . . . .	12
2.2.2	Bestimmung der Tiefe- Gradienten-Feld . . . . .	12
2.3	Referenzmessung . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Diskussion und Fazit</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>15</b>

# 1 Einleitung

Ziel der Messungen ist die Lokalisierung eines Metallrohrs, das unter der Erde liegt. Mithilfe eines Overhauser-Magnetometers und eines Fluxgate-Magnetometers sollen die durch das remanent magnetisierte Rohr erzeugten Anomalien im Erdmagnetfeld detektiert werden und so Rückschlüsse auf die Lage und Tiefe des Rohrs gezogen werden können.

## 1.1 Messort



Abbildung 1: Messort

Die Messungen wurden auf dem Parkplatz gegenüber des Parkhauses Ebenhalde auf der Morgenstelle durchgeführt.

Adresse: Schnarrenbergstraße 158, 72076 Tübingen

Die Witterungsverhältnisse am Durchführungstag waren zu Beginn regnerisch. Im Verlaufe der Durchführung klarte der Himmel auf.

Das Gelände verfügte sowohl über eine geteerte Straße, eine Wiese, eine Holzbeuge als auch über einen Waldabschnitt. Neben dem zu messenden Bereich waren Bauzäune gelagert, welche vermutlich Einfluss auf unsere Messungen genommen haben.

## 1.2 Methoden

Der Magnetismus bzw. genauer Geomagnetismus beruht in erster Linie auf dem eines Dipol ähnlichen Feldes, das aufgrund von Konvektionsströmen im unteren Mantel der Erde entsteht. Einerseits schützt es die Erde vor hochenergetischer Strahlung durch die Magnetosphäre. Andererseits kann es uns helfen, Rückschlüsse auf das Innere der Erde und den für den Menschen relevanten nahen Untergrund zu ziehen. Im Untergrund können verschiedene Objekte, wie etwa Minerale oder menschliche Infrastrukturen nachgewiesen werden. Hier ist es von Relevanz, ob das Objekt remanente Magnetisierung besitzt oder eine induzierte Magnetisierung erfährt. Ein Beispiel für ein remanent magnetisches Objekt ist ein ferromagnetisches Mineral oder eine nach dem Aufschmelzen unter die Curie-Temperatur abgekühlte Schmelze.

Richten sich die Feldlinien des magnetisierten Objekts im Untergrund gleich wie die Feldlinien des Erdmagnetfeldes aus, so überlagern und verstärken sie sich gegenseitig. Ist die Ausrichtung entgegengesetzt, schwächen sie sich gegenseitig ab. Dies zeigt sich dann als Anomalien in den magnetometrischen Messungen. [Q1]

### 1.2.1 Durchführung

Um die Messungen vorzubereiten wurde ein 20x20 m Grid abgesteckt, in dem jeweils im Abstand von einem Meter eine Messung mit einem Fluxgate- und einem Overhauser-Magnetometer durchgeführt wurde. So wurde insgesamt an 441 Messpunkten gemessen. Mittels des Overhausermagnetometers wurde das Totalfeld gemessen. Da das Erdmagnetfeld als relativ konstant angesehen werden kann, jedoch nicht auszuschließen ist, dass es zum Beispiel durch einen Sonnensturm oder andere Einflüsse gestört wird, musste nach jeder 20. Messung eine Referenzmessung außerhalb des Messgrids durchgeführt werden. Ebenso wurde der Gradient des Feldes mit einem Fluxgate Magnetometer gemessen.

## 1.3 Erwartungen

Es ist davon auszugehen, dass das remanent magnetisierte Rohr im Untergrund Anomalien in den Messungen des Magnetfelds hervorruft. Ebenso ist zu erwarten, dass die in der Nähe abgelagerten Bauzäune starke Beeinträchtigungen in den Messungen mit sich bringen und bei der Auswertung beachtet werden müssen, indem zum Beispiel die Rohdaten gefiltert werden. Es wird jedoch nicht davon ausgegangen, dass das Parkhaus oder das im Messzeitraum nebenstehende Auto Einfluss auf die Messungen nehmen konnten, da sich

diese weit genug entfernt von den Messgeräten befanden. Ebenso wurde darauf geachtet, dass die im Messfeld befindlichen Personen keine Mobiltelefone am Körper hatten, welche die Messungen beeinflussen können. Das Fluxgate- und Overhauser-Messgerät beeinflussen sich bei zu nahem Kontakt gegenseitig, weshalb auch hierdurch Verfälschungen innerhalb der Messungen auftreten können.

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Darstellung der Messdaten mit Isolinien

In den folgenden dargestellten Daten wird die zeitliche Variabilität der Messdaten, die mit der Referenzmessung gemessen wurde, zunächst vernachlässigt. Das 20x20 Meter Messgebiet wurde in ein 2D kartesisches Koordinatensystem übertragen.

Die mit dem Overhauser-Magnetometer gemessenen Feldstärken für das Totalfeld werden jeweils mithilfe von Isolinien mit und ohne Datenfilterung dargestellt. Ebenso wurde so für die Daten des Gradienten-Feldes, gemessen mit Fluxgate-Magnetometer, vorgegangen.

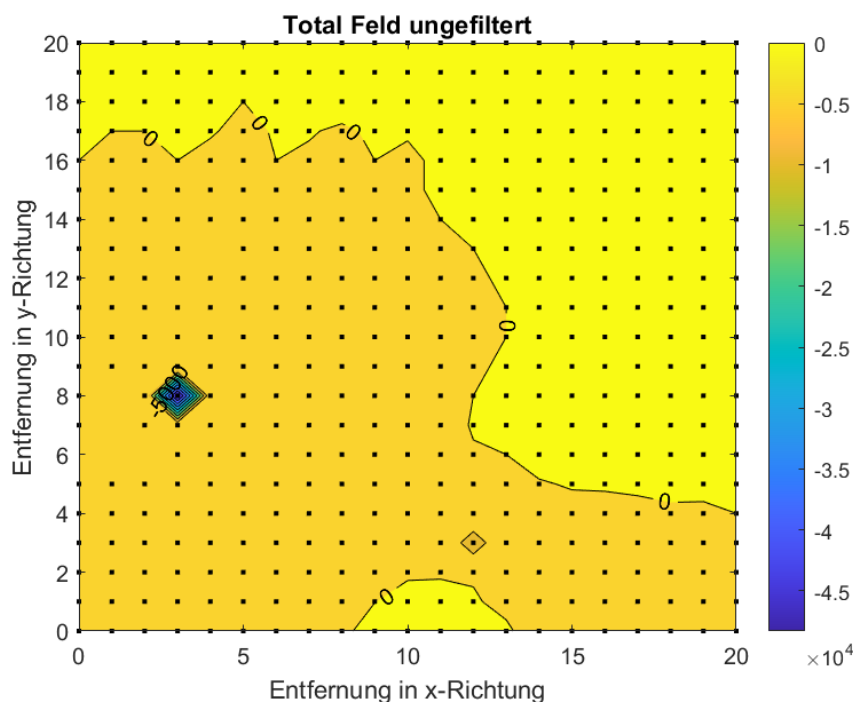


Abbildung 2: Isolinien des Total-Feldes ohne Datenfilterung

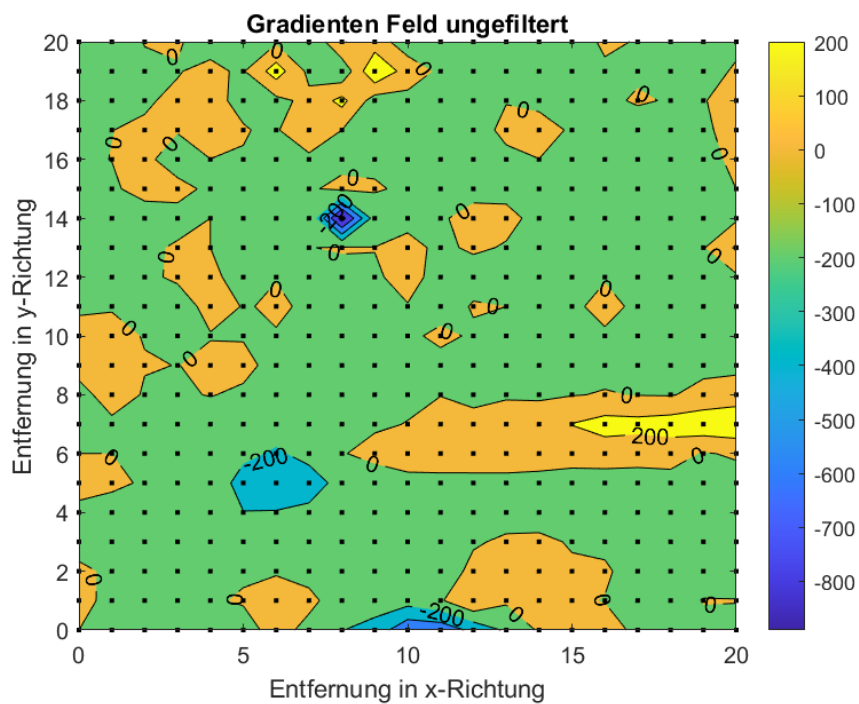


Abbildung 3: Isolinien des Gradienten-Feldes ohne Datenfilterung

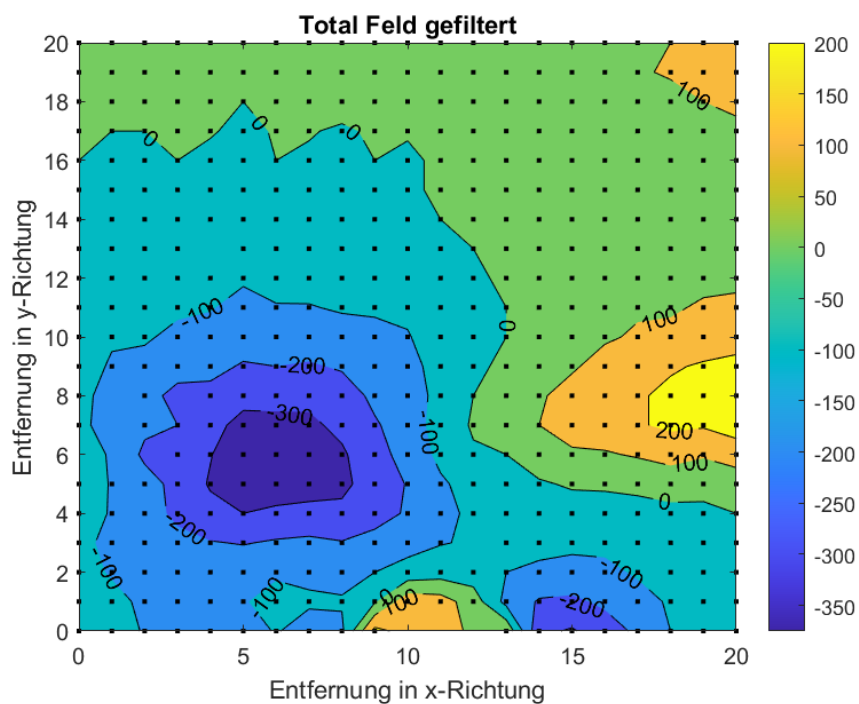


Abbildung 4: Isolinien des Total-Feldes mit Datenfilterung

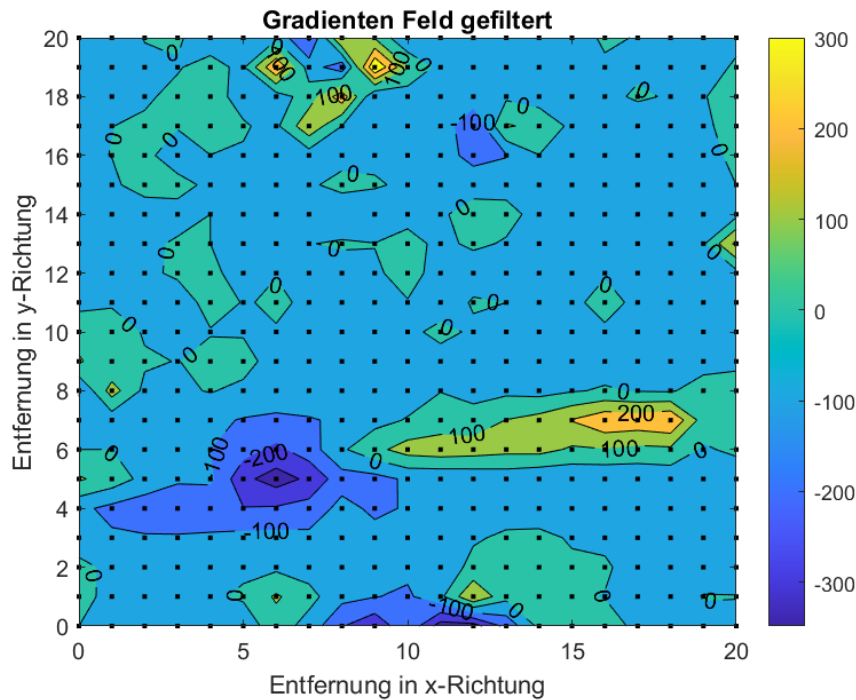


Abbildung 5: Isolinien des Gradienten-Feldes mit Datenfilterung

Bei der Messung des Totalfeldes (Abbildung 2) konnte nicht immer eine Messung in einer Höhe von 2 m gewährleistet werden, da zum Beispiel eine Holzbeuge im Punkt (1/6) dies verhinderte. Ebenso sind Störungen im Bereich  $x=8$  bis  $13$  und  $y=0$  bis  $2$  zu erkennen, welche vermutlich durch den neben der Straße abgelagerten Bauzaun entstanden sind. Ebenso werden die Werte des Totalfeldes durch Ausreißer beeinflusst, weshalb eine Datenfilterung durchgeführt wurde. Die Anomalien, die das Rohr erzeugt, werden in Abbildung 4 sichtbar. Es wurden sehr große und kleine Werte der Feldstärke rausgefiltert. Die Anomalien im Bereich  $x=8$  bis  $18$  und  $y=0$  bis  $2$  sind auf die ferromagnetischen Bauzäune zurückzuführen. Ebenso mussten die Daten für das Gradientenfeld auf Ausreißer gefiltert werden. In Abbildung 5 ist dann der Rohrabschnitt als Anomalie erkennbar. Ebenso der Bauzaun und eine weitere Anomalie in den Punkten  $x=6$  bis  $10$ ,  $y=18$  bis  $20$  zu erkennen, bei der es sich um magnetisierten Metallmüll oder auch magnetisiertes Gestein handeln kann.

### 2.1.1 Lokalisierung des Rohres

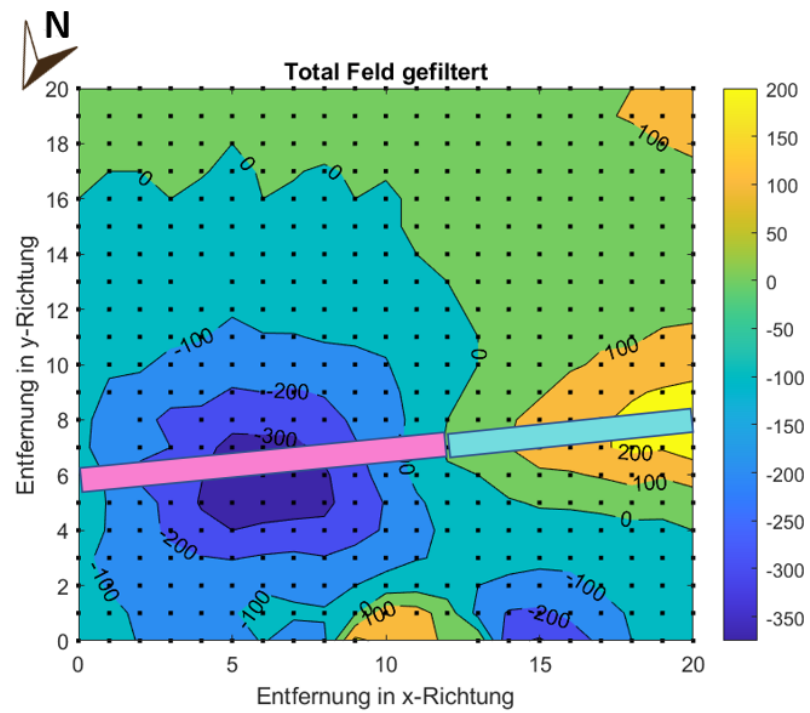


Abbildung 6: Total-Feld mit Rohrleitung



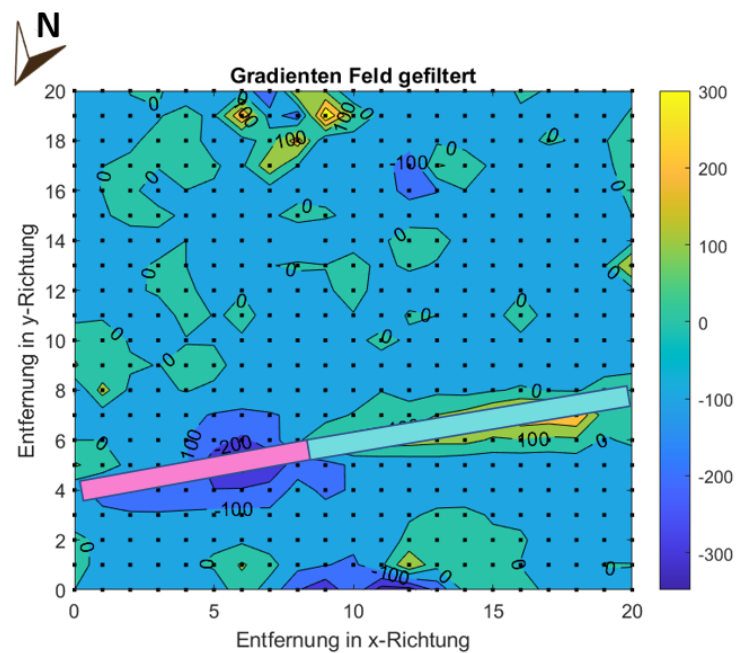


Abbildung 7: Gradienten-Feld mit Rohrleitung

In den Abbildungen 6 und 7 ist jeweils der Rohrabschnitt eingezeichnet. Der Abschnitt ist remanent magnetisiert und ist von den Feldlinien entgegengerichtet. Auffällig ist, dass das Rohr in den Gradientenmessungen mithilfe des Fluxgate-Magnetometers im Bereich von 5-7 Metern auf der y-Achse liegt, wohingegen es bei der Totalfeldmessung mit dem Overhauser-Magnetometer im Bereich von 6-8 Metern auf der y-Achse liegt. Dies lässt dadurch erklären, dass es nicht immer möglich war im  $90^\circ$  Winkel zu messen, weshalb sich die Lokalisierung der Pipeline verzerrt haben könnte.

## 2.2 Bestimmung der Tiefe

Um herauszufinden in welcher Tiefe das Rohr unter der Erde liegt, kann die Linearität der Halbwertsbreite zum Abstand des Rohrs unter der Erde genutzt werden. Hierfür wird das Profil der Anomalien des B-Felds über den Querschnitt senkrecht zur Pipeline analysiert. Deswegen muss die Querschnittsfläche vom Startpunkt des Rohres von dem Minimum bis zum Maximum der Anomalie betrachtet werden. Die folgenden Abbildungen stellen die Anomalien dar. Beim Totalfeld wurden die Anomalien über den Bereich 6, 7 und 8 m in y-Richtung geplottet, da sich in diesem Bereich - wie in Abbildung 6 zu erkennen - die Pipeline befindet. Analog dazu wurde bei der Gradientenmessung der Bereich 5,6,

und 7 m betrachtet, da sich dort - wie in Abbildung 7 erkennbar - das Rohr befindet.

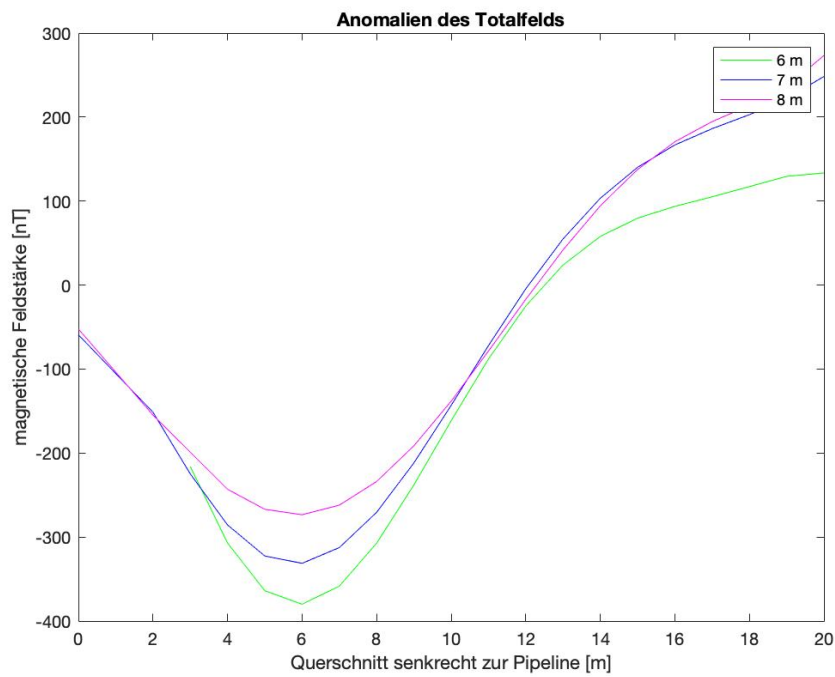


Abbildung 8: Anomalien im Totalfeld

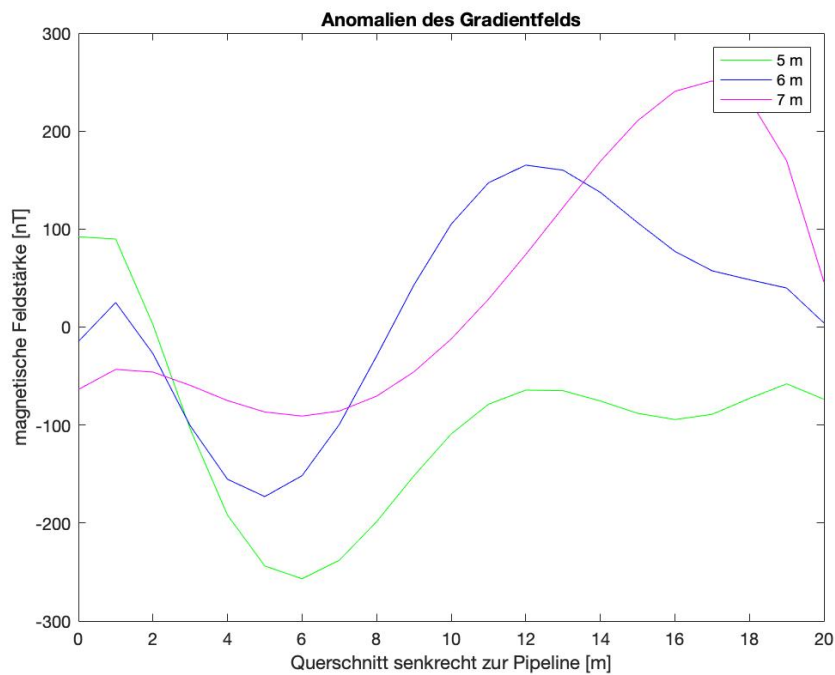


Abbildung 9: Anomalien im Gradientfeld

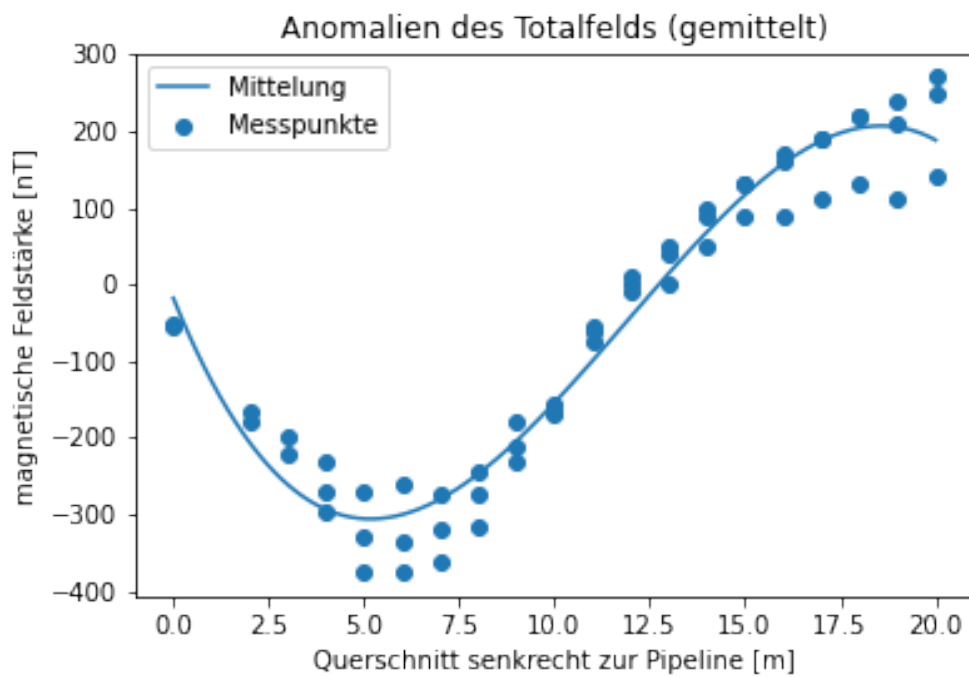


Abbildung 10: Anomalien im Totalfeld (gemittelt)

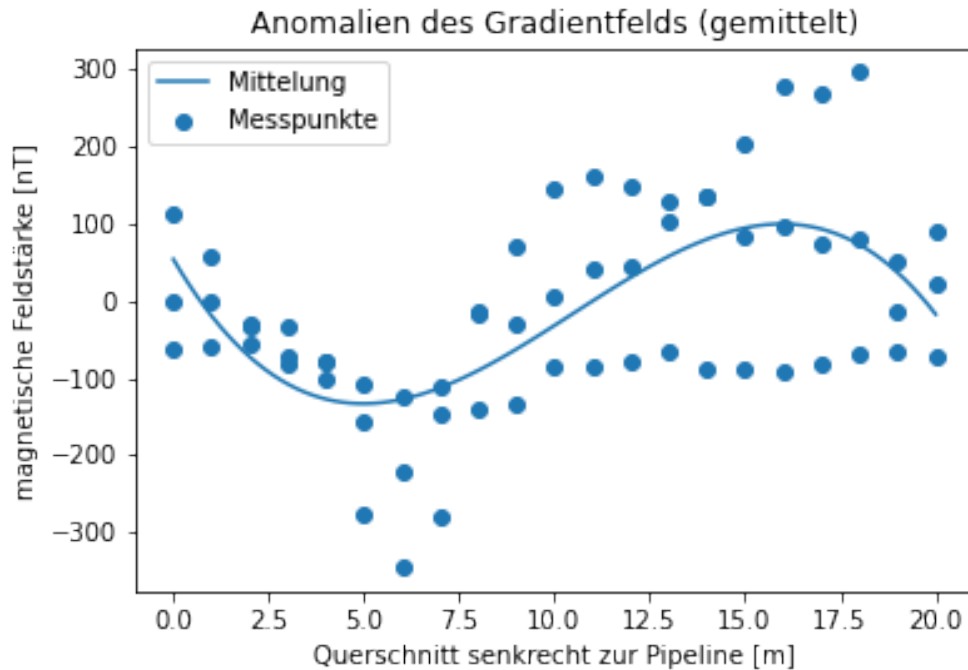


Abbildung 11: Anomalien im Gradientfeld (gemittelt)

### 2.2.1 Bestimmung der Tiefe- Total-Feld

Anhand der Abbildungen 8 und 10 der Anomalien des Totalfelds ist zu erkennen, dass die Extremstellen bei  $x = 6$  m (Minimum) und bei  $x = 19$  m (Maximum) liegen

Um die Tiefe des Rohrs endgültig zu berechnen wird die Messhöhe des Overhauser-Magnetometers von der Halbwertsbreite  $b_{1/2}$  der Anomalie des Totalfelds abgezogen. Die Halbwertsbreite wurde von jedem der Graphen bei 6,7 und 8 m in Abbildung 8 berechnet und dann gemittelt:

$$\begin{aligned} h &= b_{1/2} - h_{\text{mess}} = b_{1/2} - 2 \text{ m} \\ &= 5,3 \text{ m} \end{aligned}$$

### 2.2.2 Bestimmung der Tiefe- Gradienten-Feld

Anhand der Abbildungen 9 und 11 der Anomalien des Gradients ist zu erkennen, dass die Extremstellen bei  $x = 5$  m (Minimum) und bei  $x = 16$  m (Maximum) liegen. Auch hier muss dann die Messhöhe des Overhauser-Magnetometers von der Halbwertsbreite  $b_{1/2}$  der Anomalie des Gradienten-Felds abgezogen werden. Die Halbwertsbreite wurde von jedem der Graphen bei 5,6 und 7 m in Abbildung 9 berechnet und dann gemittelt:

$$\begin{aligned}
 h &= b_{1/2} - h_{\text{mess}} = b_{1/2} - 1 \text{ m} \\
 &= 5,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## 2.3 Referenzmessung

Um die zeitliche Variation des Magnetfeldes miteinbeziehen zu können wurde nach jeder Messreihe eine Referenzmessung außerhalb des Messfeldes durchgeführt. Die zeitliche Variabilität der Feldstärke ist in Abbildung 8 zu sehen. Da die Anomalien des Magnetfelds an dem Referenzpunkt außerhalb des 20x20 Meter-Grids nur sehr klein sind, kann davon ausgegangen werden, dass das Magnetfeld zur Zeit der Messungen nicht durch Sonnenstürme o.ä. beeinflusst wurde und konnte somit vernachlässigt werden.

Tabelle 1: Referenzmessungen zu den jeweiligen Uhrzeiten des Messtages

Profil	Feldstärke [nT]	Uhrzeit	Profil	Feldstärke [nT]	Uhrzeit
0	48300	11:09	11	48300	12:41
1	48310	11:21	12	48300	12:48
2	48310	11:32	13	48310	12:54
3	48300	11:41	14	48310	12:59
4	48305	11:50	15	48310	13:04
5	48310	12:00	16	48310	13:09
6	48290	12:08	17	48310	13:13
7	48290	12:15	18	48310	13:20
8	48305	12:23	19	48310	13:26
9	48300	12:28	20	48310	13:31
10	48305	12:34			

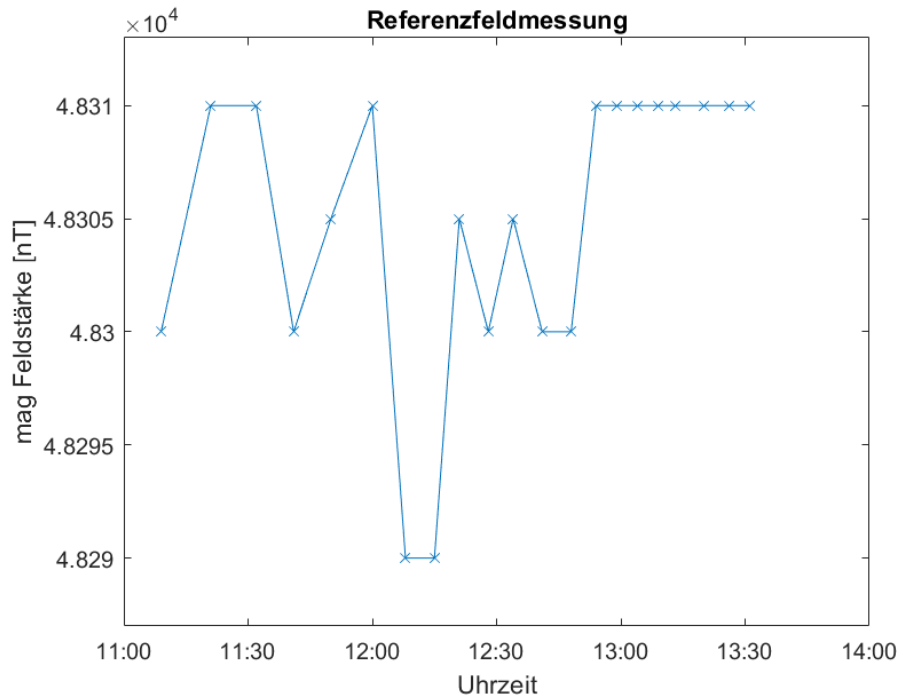


Abbildung 12: Messung des Referenz-Feldes über die Zeit

### 3 Diskussion und Fazit

Wie erwartet, wurden die Messungen durch den Bauzaun und andere Anomalien beeinflusst. Die ungefilterten Rohdaten mussten deshalb von diesen Anomalien befreit werden, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen. Das Maximum und Minimum der Messungen stellen dar, dass es sich um ein Rohr handelt, das entgegengesetzt magnetisiert ist. Es wurden Differenzen gemessen und keine Absolutwerte, weshalb negative und positive Werte in den Plots aufgezeigt wurden und so zu diesem Maximum und Minimum führen. Die Messungen fanden in einer Höhe von 1 - 2 m statt, weshalb das Rohr in einer Tiefe von etwa 5,2-5,3 m unter der Erdoberfläche liegt.

Objekte, die eine geringere Größe als die Abstände der Messungen besitzen, können nicht detektiert werden. Im Falle des Rohres waren die Abstände von 1 m geeignet, da im Vorfeld schon bekannt war, dass ein Rohr detektiert werden soll. Für Messungen kleinerer Objekte müssten die Abstände der Messpunkte angepasst werden.

## 4 Quellenverzeichnis

Q1: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geomagnetism>

## Abbildungsverzeichnis

1	Messort . . . . .	3
2	Isolinien des Total-Feldes ohne Datenfilterung . . . . .	5
3	Isolinien des Gradienten-Feldes ohne Datenfilterung . . . . .	6
4	Isolinien des Total-Feldes mit Datenfilterung . . . . .	6
5	Isolinien des Gradienten-Feldes mit Datenfilterung . . . . .	7
6	Total-Feld mit Rohrleitung . . . . .	8
7	Gradienten-Feld mit Rohrleitung . . . . .	9
8	Anomalien im Totalfeld . . . . .	10
9	Anomalien im Gradientfeld . . . . .	11
10	Anomalien im Totalfeld (gemittelt) . . . . .	11
11	Anomalien im Gradientfeld (gemittelt) . . . . .	12
12	Messung des Referenz-Feldes über die Zeit . . . . .	14