

Übungen zur Vorlesung Gravimetrie & Magnetik:

# Magnetik

29. Januar 2009

Christian Katlein, Veronika Wahl, Nicklas Ritzmann  
Tewje Mehner, Philipp Polzin

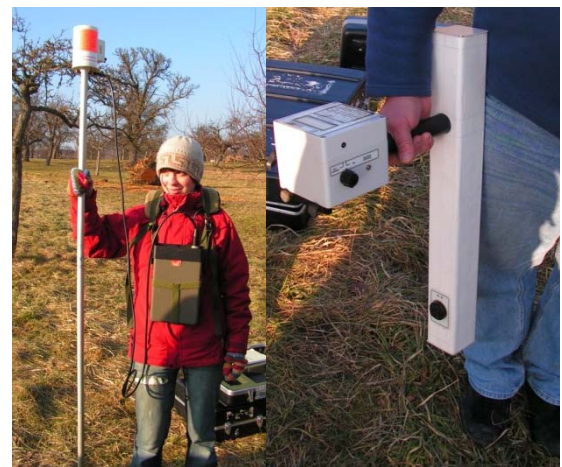
## 1. Anomaliemessung

### 1a) Flächenhafte Messung des Erdmagnetfeldes

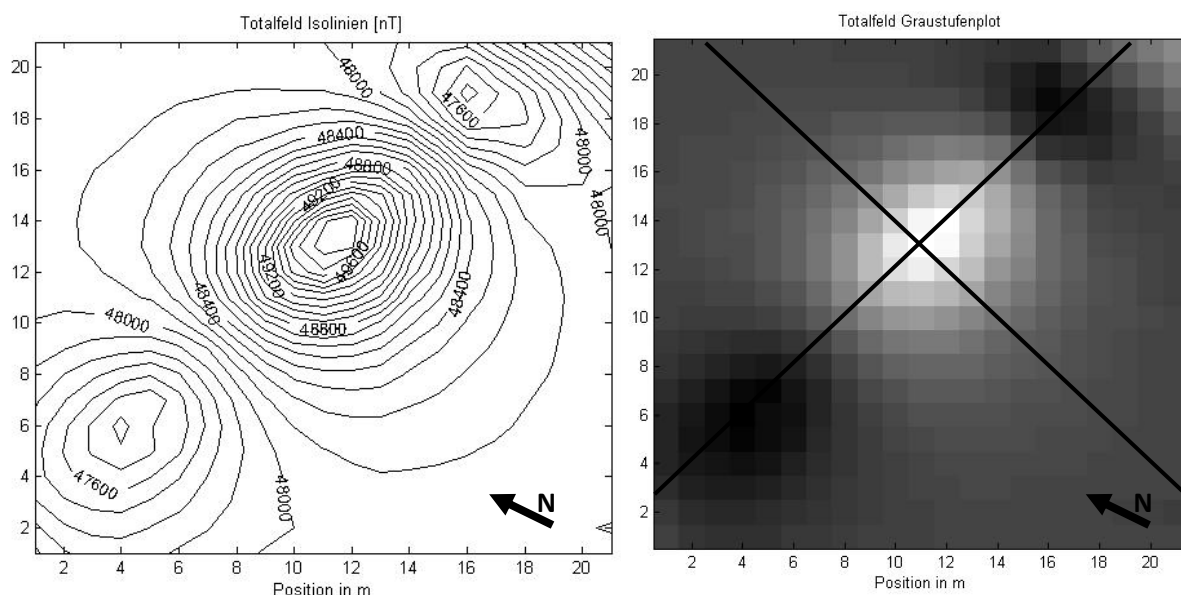
Zunächst wurde ein rechteckiges Messraster mit einer Kantenlänge von 20m abgesteckt und anschließend in 1m-Abständen mit zwei unterschiedlichen Geräten das Erdmagnetfeld vermessen.

Zum Einsatz kam ein Protonen-Magnetometer (linkes Bild), dessen Messkopf in ca. 2m Höhe montiert ist. Sowie für die Totalfeldmessung ein Fluxgate-Gradiometer (rechtes Bild).

Die vom Gerät abgelesenen Werte wurden von Hand protokolliert, und mit MATLAB geplottet:

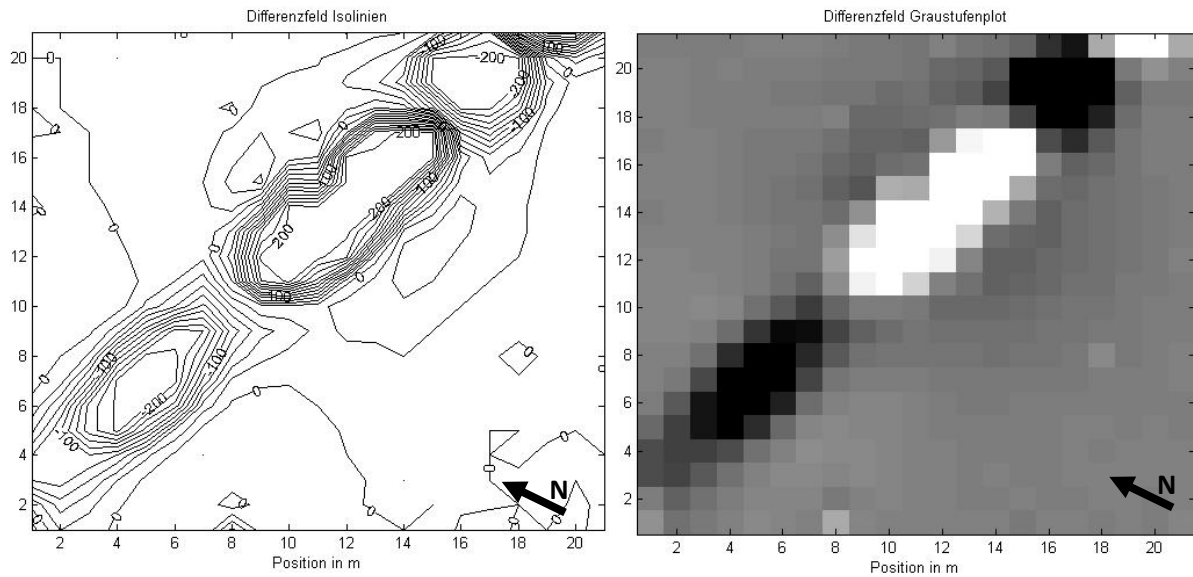


### Totalfeldmessung mit Protonen-Magnetometer



Aufgrund der Höhe des Sensors werden bei dieser Messung relativ weiche Konturen mit geringen Feldgradienten abgebildet. Im Messbereich variiert das Erdmagnetfeld um wenige hundert nT. Die schwarzen Striche im Graustufenplot geben die späteren Profilschnitte an.

**Differenzfeldmessung mit Fluxgate-Gradiometer**

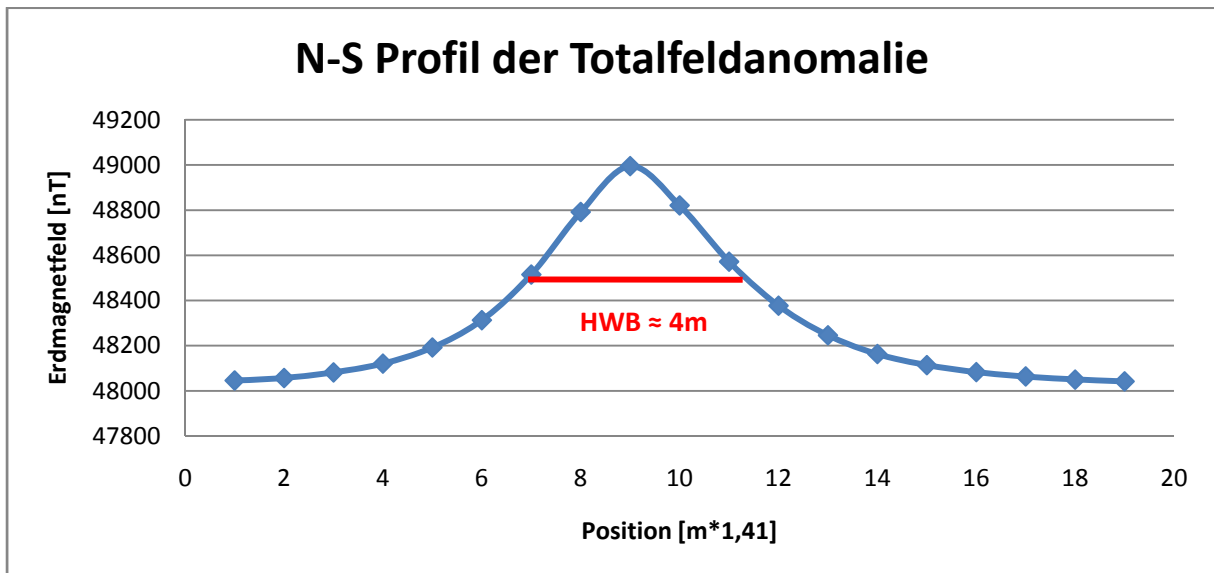


Die Messungen mit dem Gradiometer zeigen wie erwartet stärkere Kontraste und größere Schwankungen. (Bei einer Anzeige von  $\pm 205$  nT ist das Gerät übersteuert)

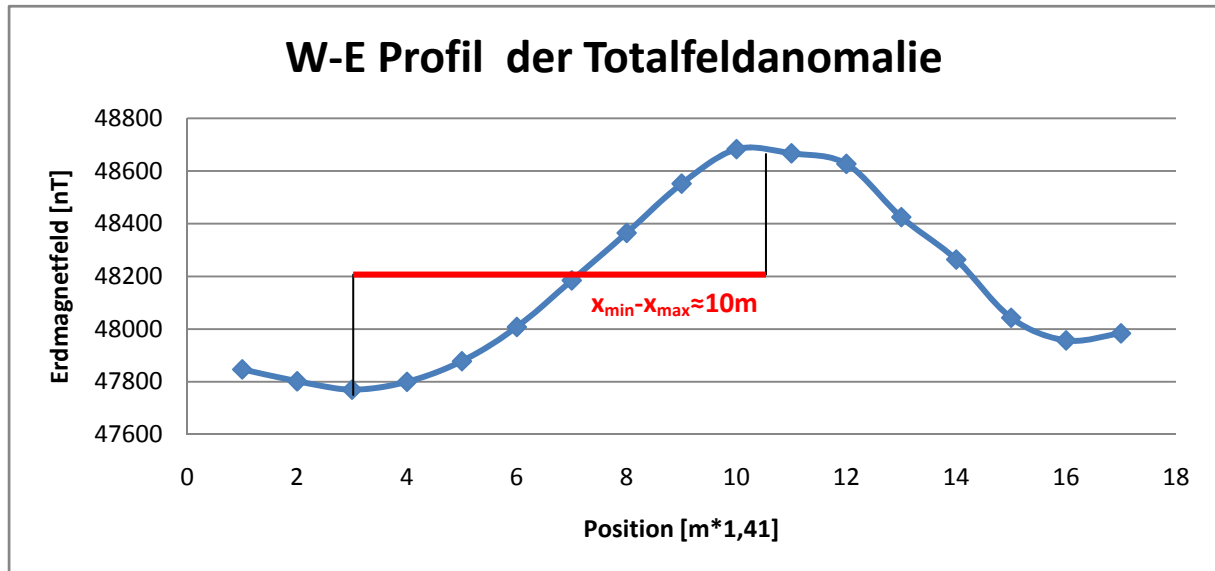
**1b) Profile**

Anhand der obigen Daten wurden zwei Profile der Totalfeldmessung wie angezeigt geplottet. Hierbei interessant ist sowohl das N-S-, als auch das E-W-Profil.

**N-S-Profil:**



Der Verlauf des N-S-Profiles der Totalfeldanomalie zeigt keine typischen Merkmale einer induzierten Dipolfeldanomalie. Relevanter ist hier also die vermutlich längs des Rohres horizontal orientierte remanente Magnetisierung der Pipeline, die dafür die Stärke des Feldes jedoch stark verändert.

**W-E-Profil:**

Die Totalfeldanomalie zeigt in W-E Richtung eine Geometrie, wie sie von einem in W-E Richtung ausgerichteten (also remanenten) magnetischen Dipol ausgehen würde. Dies führt jedoch zu Widersprüchen mit der erwarteten Tiefe (s.u.).

Es ist anzunehmen, dass die Rohrstücke horizontal längs des Rohres magnetisiert sind, woraus sich eigentlich eine relativ konstante Erhöhung des Erdmagnetfeldes längs der Pipeline ergeben müsste. Es ist jedoch gut zu erkennen, dass die Pipeline aus verschiedenen Rohrstücken mit entgegengesetzter Magnetisierung zusammengesetzt ist.

**Tiefenabschätzung:**

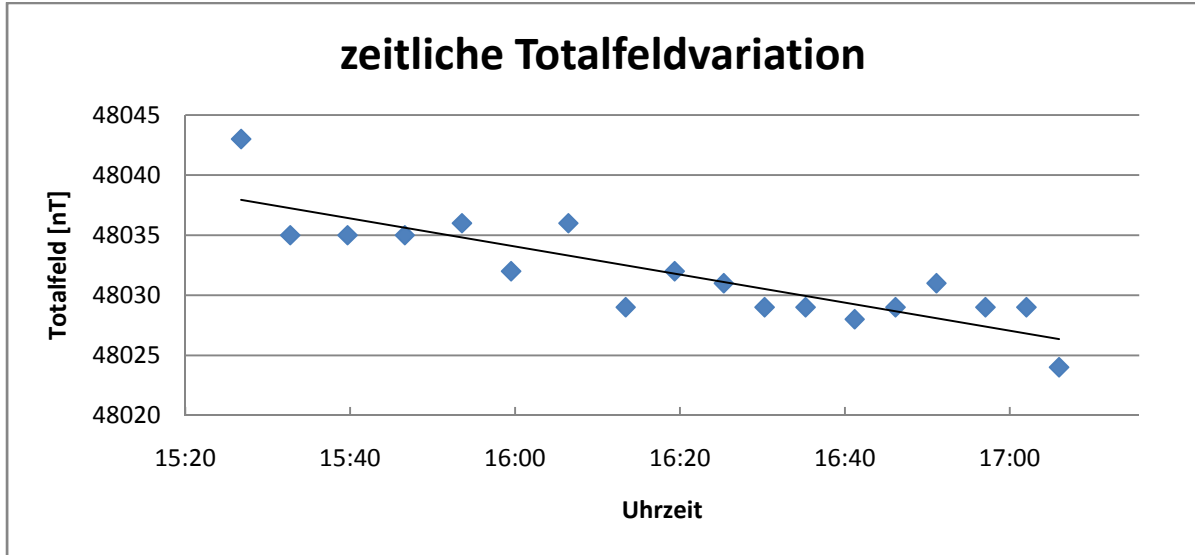
Die Tiefe eines kreis-/kugelförmigen Störkörpers ist in etwa durch die Halbwertsbreite der Anomaliekurve gegeben. In Dipolfeldanomalien (wie hier im W-E-Profil) ist die Tiefe in etwa durch den Abstand von Maximum und Minimum der Anomalie gegeben.

Interpretiert man die Kurven als reine Dipolfeldgeometrie, würde sich also eine Tiefe der Pipeline von 8-10m ergeben, was im Gegensatz zur üblichen Tiefe von Leitungen liegt. Leitungen in dieser Tiefe wären nicht zu warten.

Betrachtet man die Peaks der Kurve als isolierte Anomalien je eines Rohrsegmentes, erhält man Halbwertsbreiten und damit Tiefen von ca. 3 bis 4m was weitaus realistischer ist.

**1c) Zeitliche Variation**

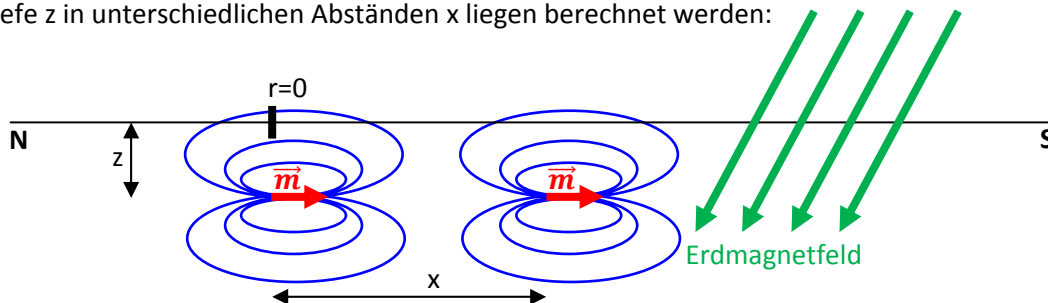
Nach jeder Messreihe, also im Schnitt alle 7 Minuten, wurde an einem festen Punkt (nördlicher Eckpunkt des Messrasters) die Stärke des Totalfeldes gemessen und anschließend in ein Diagramm aufgetragen:



Die zeitliche Variation des Erdmagnetfeldes während der Messung liegt im Bereich von ca. 10 nT und kann in Anbetracht der hier weitaus größeren Anomalien (einige 100 nT) ohne Probleme vernachlässigt werden. Eine Korrektur der Messdaten ist hier also nicht erforderlich. Trotzdem ist das abendliche Abklingen des Erdmagnetfeldes aufgrund der veränderten Erdstellung relativ zum Sonnenwind zu erkennen.

**2. Berechnung von Anomalien**

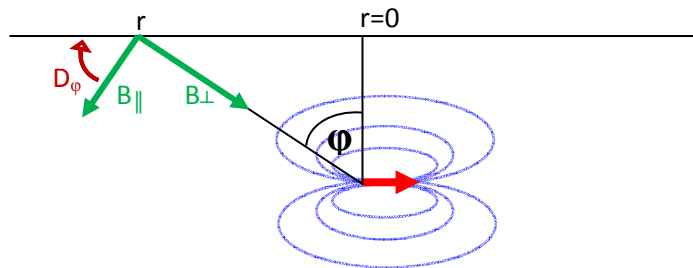
Es soll die  $\delta H$ -Anomalie für zwei gleichstarke horizontal (N-S) liegende Dipolstörkörper, die in der Tiefe  $z$  in unterschiedlichen Abständen  $x$  liegen berechnet werden:



Die  $\delta H$ -Anomalie ist gegeben durch die Differenz der Horizontalkomponente des ungestörten und des gestörten Erdmagnetfeldes:

$$\delta H = \vec{B}_{Erde}|_H - (\vec{B}_{Erde} + \vec{B}_1 + \vec{B}_2)|_H = -(\vec{B}_1 + \vec{B}_2)|_H$$

Zunächst berechnen wir also die durch die einzelnen Dipole an der Erdoberfläche erzeugten Störfelder. Für einen einzelnen Dipol gilt:



Aus der Dipolfeldgeometrie wissen wir:

$$B_{\perp} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{l^3} \cdot \sin \phi \quad \text{und} \quad B_{\parallel} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2 \cdot m}{l^3} \cdot \cos \phi$$

Da in der Aufgabe kein Wert für die Magnetisierung angegeben ist und es hierbei um die Geometrie der Anomalie und nicht deren Wert geht, wählen wir zur Vereinfachung

$$\frac{\mu_0 \cdot m}{4\pi} = 1$$

Mit der Drehmatrix  $D_{\phi}$  werden die Feldvektoren in die kartesische Lage entlang der Erdoberfläche verdreht. Somit ergibt sich für den ersten Dipol:

$$B_1(\phi) = D_{\phi} \cdot \begin{pmatrix} B_{\parallel} \\ B_{\perp} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi & \sin \phi \\ -\sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{2}{l^3} \cdot \cos \phi \\ \frac{1}{l^3} \cdot \sin \phi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{l^3} \cdot (\cos^2 \phi + 1) \\ \frac{1}{l^3} \cdot (-\sin \phi \cos \phi) \end{pmatrix}$$

Einsetzen der elementargeometrischen Beziehungen ergibt:

$$B_1(r) = \begin{pmatrix} (r^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{r^2}{r^2 + z^2} + 1 \right) \\ (r^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{-z \cdot r}{r^2 + z^2} \right) \end{pmatrix}$$

Analog folgt für den zweiten Dipol im Abstand x:

$$B_2(r, x) = \begin{pmatrix} ((r+x)^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{(r+x)^2}{(r+x)^2 + z^2} + 1 \right) \\ ((r+x)^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{-z \cdot (r+x)}{(r+x)^2 + z^2} \right) \end{pmatrix}$$

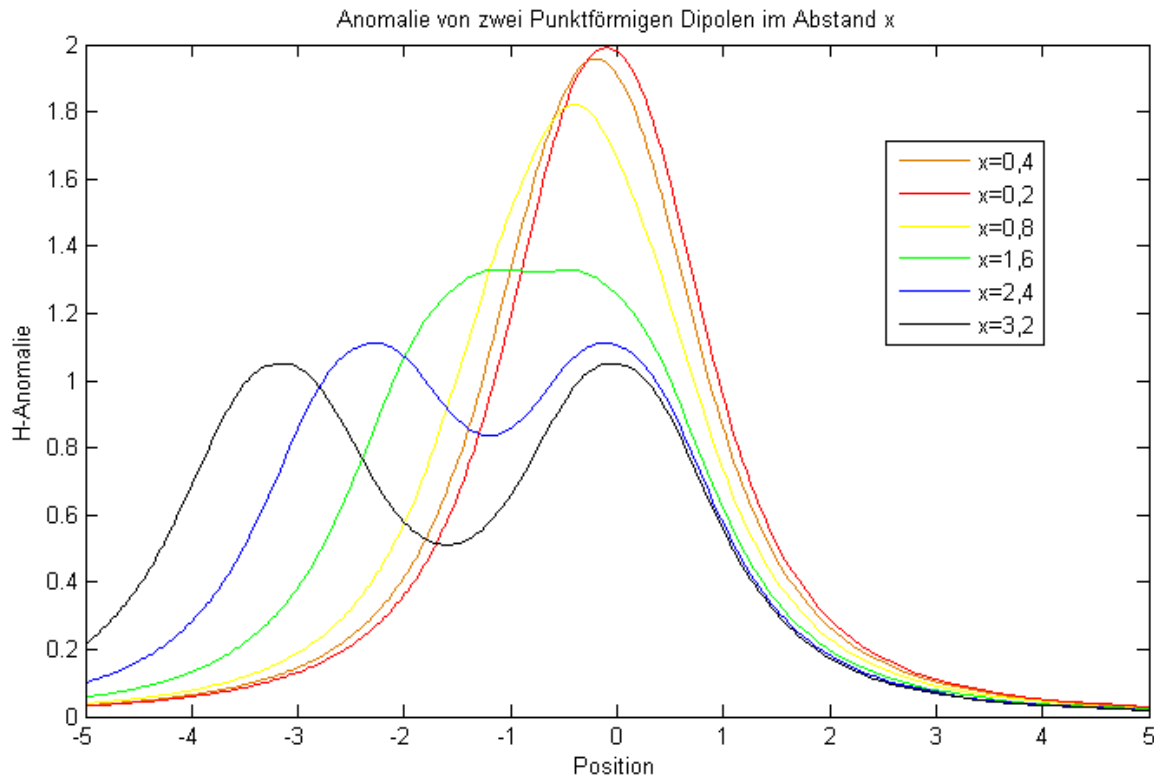
Und somit für die  $\delta H$ -Anomalie:

$$\delta H = -(\vec{B}_1 + \vec{B}_2)|_H = -(r^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{r^2}{r^2 + z^2} + 1 \right) - ((r+x)^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{(r+x)^2}{(r+x)^2 + z^2} + 1 \right)$$

Um die Anomalie zu plotten wurde zunächst  $z=1$  angenommen und dann die Anomalie für verschiedene Werte von  $x$  ( $x=0,2$  ;  $0,4$  ;  $0,8$  ;  $1,6$  ;  $2,4$  ;  $3,2$ ) mit MATLAB geplottet. Da unbekannt ist, ob die Dipole in N oder in S Richtung ausgerichtet sind, wird nur der Betrag und nicht das Vorzeichen der  $\delta H$ -Anomalie betrachtet: z.B.

$$|\delta H| = (r^2 + 1)^{-\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{r^2}{r^2 + 1} + 1 \right) + ((r + 0.2)^2 + 1)^{-\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{(r + 0.2)^2}{(r + 0.2)^2 + 1} + 1 \right)$$

Im Plot befindet sich einer der beiden Dipole an der Position 0 und der zweite um den Wert von  $x$  nach links verschoben:



Hierbei ist gut zu erkennen, dass die Dipole, wenn sie zu dicht aneinander liegen keinen eigenständigen Peak in der Anomaliekurve erzeugen und somit nicht zu trennen sind. Erst wenn  $x$  – und damit das Verhältnis von Abstand zu Tiefe - größer als 1,5 wird, lässt sich gerade so erkennen, dass es sich um zwei räumlich getrennte Dipole handelt.