

4 Potentialfeldanalyse

In diesem Abschnitt werden die in Kapitel 2 vorgestellten Methoden der direkten Interpretation der Potentiale durch Powerspektralanalyse und Dekonvolution auf die in Abschnitt 3.2.1 erwähnten Bouguerschwere- und Magnetikfelder angewandt. Die mit diesen Methoden gewonnenen Informationen über die Krustenstruktur gehen ab Abschnitt 5 in die Modellerstellung ein.

4.1 Powerspektrum des Schwerefeldes

Ein interessanter Bereich im Schwerefeld des Untersuchungsgebietes ist das Schwererhoch von Pritzwalk. Das Hoch liegt in einem Sedimentbecken, die Altmarksenke. Aufgrund der geringen Dichten des

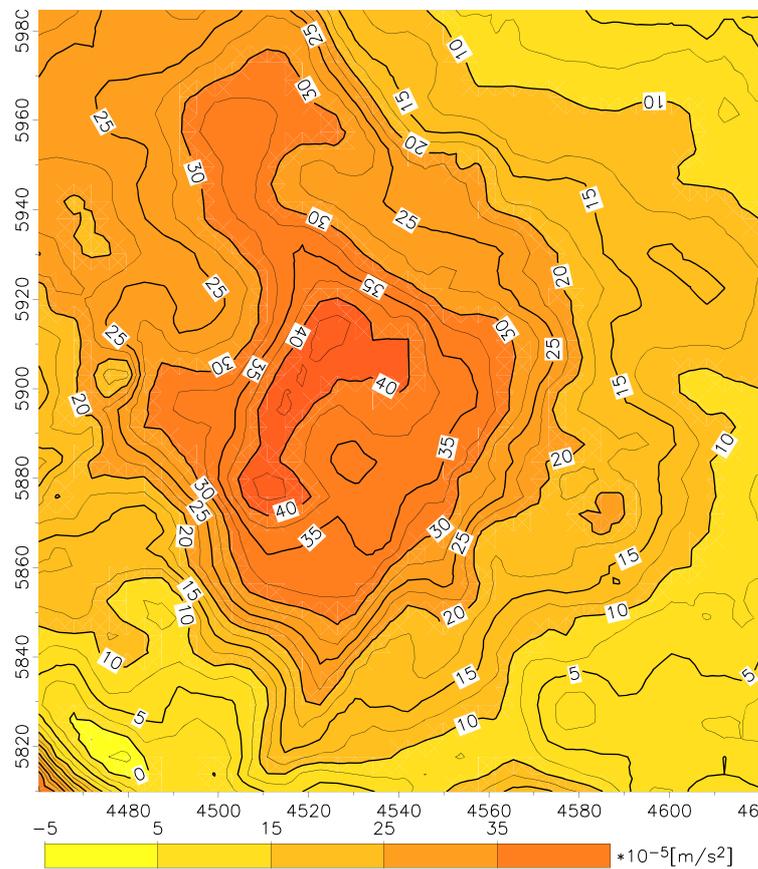
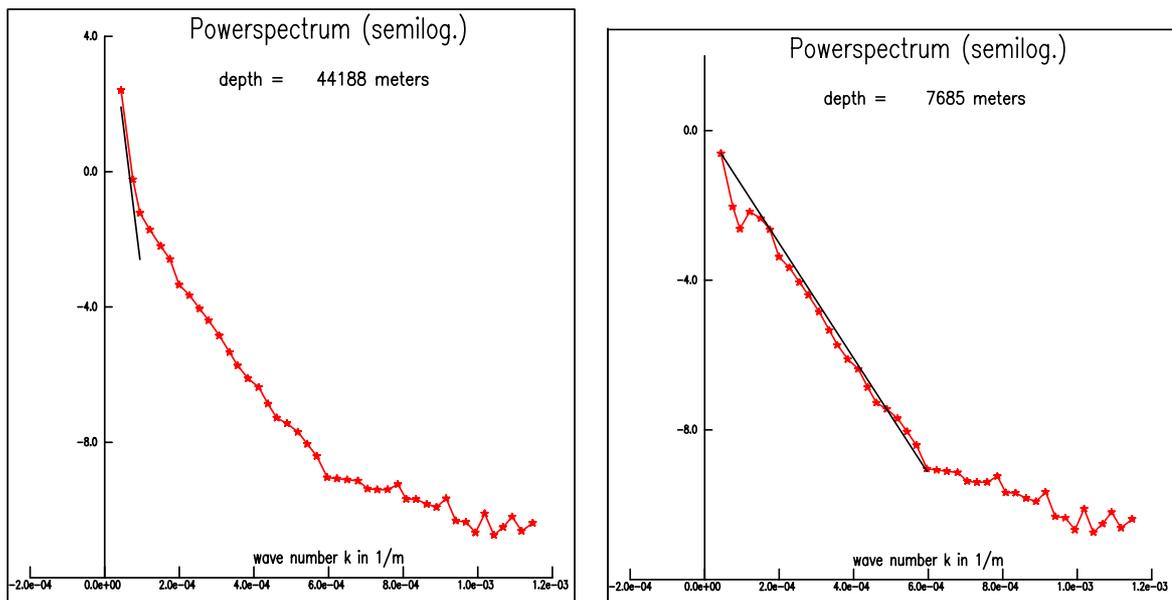


Abbildung 16: Ausgeschnittenes Schweregitter für die Powerspektralanalyse; Pritzwalk liegt im Zentrum.

Gesteins in einem Sedimentbecken würde man ein Schweretief für das gesamte Becken annehmen. Daher weist dieses Hoch auf einen oder mehrere dichte Körper hin, die, da im Becken keine dichten Körper er-

bohrten wurden, sich unterhalb des Beckens befinden müssen. Um die Tiefenlage der Störkörper, die das Pritzwalker Schwerehoch verursachen, mittels Powerspektrum nach CIANCIARA & MARCAK (1976) und HAHN et al. (1976) mit dem Programm von DÖRING (1995) abzuschätzen, ist ein Grid mit Schweredaten aus dem Schwerefeld des Untersuchungsgebietes geschnitten worden, Abbildung 16. Die Lage dieses Datenausschnitts im Untersuchungsgebiet wird in Abbildung 23 durch ein Rechteck markiert. Das Gesamtpowerspektrum der Pritzwalker Schwereanomalie kann in zwei spektrale Anteile zerlegt werden, siehe Abbildung 17. Durch die Spektralanalyse werden zwei Störkörper in einer Tiefe von ca. 41 km und ca. 8 km gefunden. Zu beachten ist, dass die Spektralzerlegung streng genommen nur für Punktquellen und Kugeln gilt, und deren maximale mögliche Tiefe anzeigt. Der Störkörper mit der großen maximalen Tiefe von ca. 41 km ist möglicherweise eine Schwerequelle im Mantel. Aus der zweiten Approximation ergibt sich für den anderen Störkörper eine maximale Tiefe von ca. 8 km. Das zweite Restspektrum enthält nur noch Signalrauschen, ein Hinweis darauf, dass nur zwei mit der Spektralanalyse erkennbare Schwerequellen existieren. Nach der Powerspektralanalyse wird das Pritzwalk Hoch möglicherweise durch einen Schwereeffekt im Mantel und einer Quelle, knapp unter dem Beckenausschnitt in Pritzwalk, verursacht. Das bedeutet für die Modellierung, dass es wahrscheinlich einen dichten Körper unter dem Sedimentbecken in ca. 8 km Tiefe gibt.



(a) Der erste Störkörper liegt in einer Tiefe von 41 km.

(b) Der zweite Störkörper liegt in einer Tiefe von 7,7 km.

Abbildung 17: Powerspektralanalyse der Schwerewerte in dem Gebiet des Pritzwalker Hochs, erstellt mit dem Programm Power von DÖRING (1995).

4.2 Powerspektrum des Magnetfeldes

Die Powerspektralanalyse, nach CIANCIARA & MARCAK (1976) und HAHN et al. (1976) mit dem Programm von DÖRING (1995), des Magnetfeldes wurde über die identische Fläche, siehe Abbildung 18, wie die der Gravimetrie durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Quellen der Schwere auch für die Magnetikanomalien verantwortlich sein können. Für die Spektralanalyse ergaben sich zwei Ergebnisse. Im

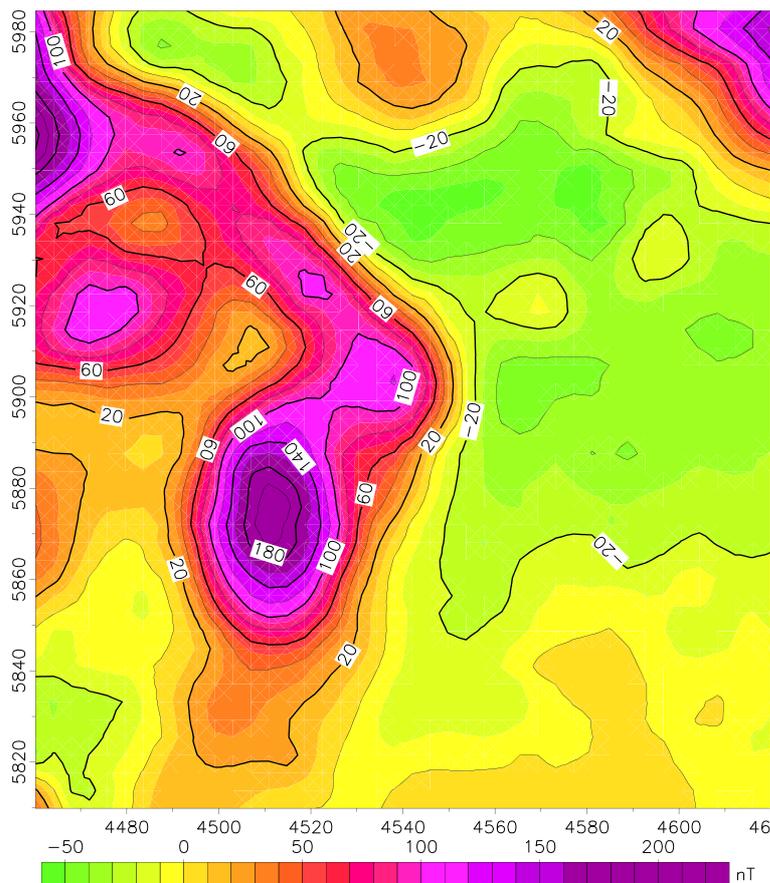


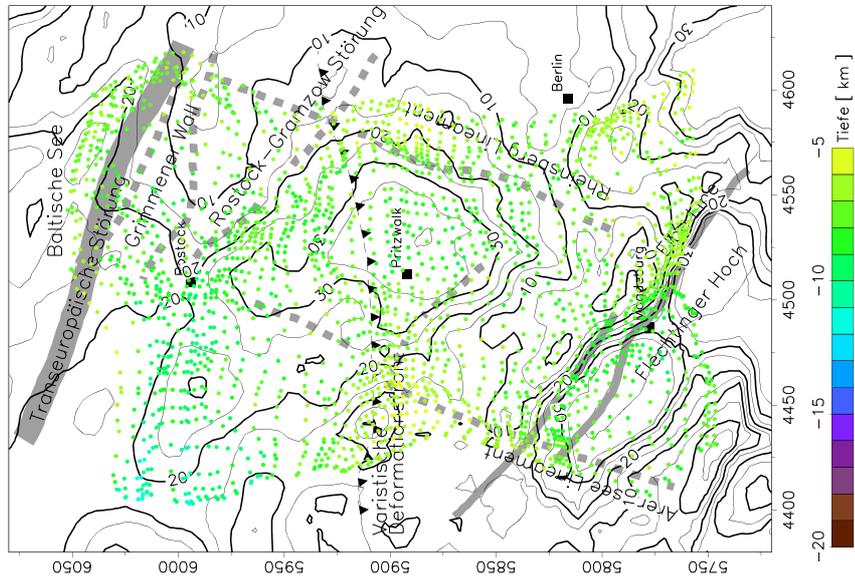
Abbildung 18: Ausgeschnittenes Wertegitter für die Powerspektralanalyse der Magnetik in nT; Pritzwalk liegt im Zentrum.

ersten Ergebnis kann das Gesamtpowerspektrum der Magnetikanomalie nur in einen Spektralanteil zerlegt werden. Es wird eine Tiefe der Quelle von ca. 14 km ermittelt. Die Magnetikquelle liegt also zwischen den oben ermittelten Schwerequellen von ca. 8 und ca. 41 km. Das bedeutet, dass die Schwere und die Magnetik im Gestein nicht unbedingt miteinander korrelierbar sind. Das zweite Ergebnis ergab eine spektrale Zerlegung der Anomalie in zwei Anteile. Die Quelltiefen liegen hier bei ca. 7,5 und ca. 15 km. Auch dieses Ergebnis ist nicht ganz mit den Ergebnissen der Powerspektralanalyse der Schwere korrelierbar. Die erste Quelltiefe mit ca. 7,5 km stimmt sehr gut mit der Schwere in ca. 8 km überein, aber die tieferen Quellen sind zu weit voneinander entfernt. Falls das erste Ergebnis zutrifft, sind die Quellen der Schwere und Magnetik räumlich getrennt und bestehen aus unterschiedlichen Gesteinen. Bei der zweiten

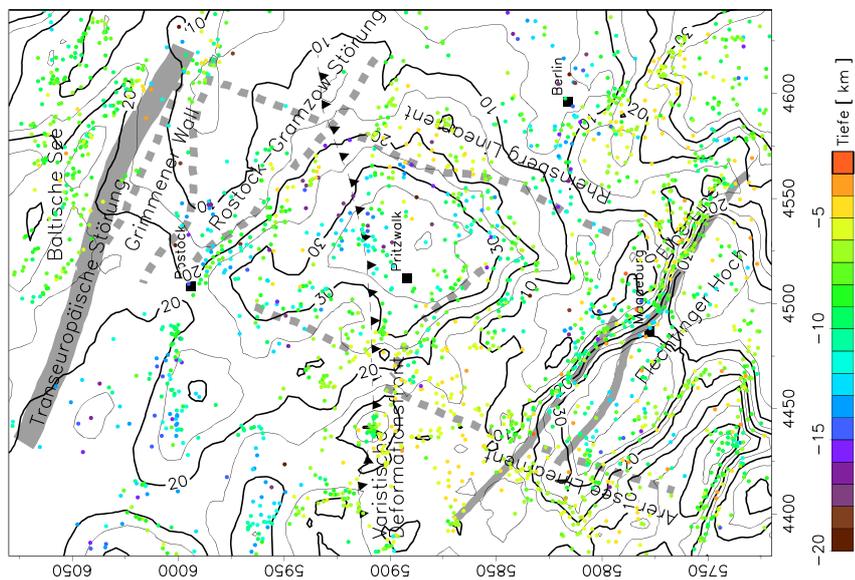
Lösungen besitzen die dichten Gesteine unter dem Becken eine, verglichen mit dem Umgebungsgestein, hohe Suszeptibilität. In 15 km Tiefe befindet sich wiederum ein Gestein mit hoher Suszeptibilität, aber dessen Einfluss auf die Schwere, im Vergleich zum oben lagernden Gestein, ist nicht so groß als das es von der Powerspektralanalyse als Quelle erkannt wird. Die Ergebnisse der Analyse bestätigen aber die Befunde der Untersuchung von MUNDT (1968), der den oberflächennächsten Magnetisierungskontrast, den er als obere Grenze der Quellen des regionalen geomagnetischen Anomalienpektrums deutete, erst in Tiefen von 6 - 13 km feststellte. Nach v. ZWERGER (1948) und LAUTERBACH (195) könnte nicht nur das Relief des kristallinen Unterbaues auf die Magnetikanomalien im norddeutschen Raum Einfluss haben, sondern auch Materialunterschiede innerhalb des Grundgebirges. In LANGE (1973) sind auf den Profilen die Oberflächen des magnetisch wirksamen Grundgebirges nach Daten von ADLER (1968) eingezeichnet. LANGE (1973) erwartet die Quellen der an der Erdoberfläche nachweisbaren positiven Magnetikanomalien im allgemeinen erst einige Kilometer unterhalb des 6,0 km/s Horizontes, in Abbildung 46 entspricht dies dem Profil mit der Bezeichnung Kmgw.

4.3 Eulerdekonvolution des Schwerefeldes

Mit Hilfe der Eulerdekonvolution des Schwerefeldes des Untersuchungsgebietes nach MARSON & KLINGELE (1993) sollen die Tiefenlagen der Störkörper, die die Schwereanomalien erzeugen, mit dem Programm EUDIA von HOFFMANN (1999) bestimmt werden. Die Anwendung der Eulerdekonvolution auf das Schwerefeld gibt erste Hinweise auf die möglichen Strukturen im Untergrund. Zur Ermittlung der optimalen Parameter für die Dekonvolution wurden Suchfenstergröße (W), Gitterabstand der Messwerte der Schwereanomalien und Strukturindex (SI) variiert. Unter der Suchfenstergröße wird die Anzahl der verwendeten Gitterpunkte verstanden und mit dem SI wird eine Annahme über die Geometrie des Quellkörpers gemacht, REID et al. (1990). Ausführlichere Erläuterungen finden sich im Abschnitt 2.1.2. Die Wahl der Parameter ist abhängig von dem untersuchten Schwerefeld. Dabei dient die relative Fehlergrenze als Qualitätsmerkmal für die gefundenen Lösungen. Für die erste Eulerdekonvolution des Schwerefeldes wurde der Strukturindex gleich -3 gesetzt, dies ist gleichbedeutend mit der Annahme, dass das Schwerefeld durch Punktquellen erzeugt wird. Die beiden Bilder, 19a und 19b, stellen die Ergebnisse der Eulerdekonvolution mit zwei Suchfenstergrößen W dar. Die Punkte geben die Position, deren Farbcodierung die berechnete Tiefen der Punktquellen wieder. In 19a wurde ein Suchfenster von $W = 15$ verwendet, das heißt zur Berechnung der Eulerdekonvolution wurden 15×15 Gitterpunkte verwendet. Auffällig an der Verteilung der Tiefen der Quellpunkte ist, dass sie sich hauptsächlich in einem Intervall von -6 bis -9 km befinden, siehe auch Histogramm 20 a. Da der größte relative Fehler der berechneten Tiefen nur 1.07 beträgt, ist die Tiefenbestimmung im Vergleich zu den Ergebnissen der Histogramme z. B.: 20 b, und 22 a +b, sehr genau. Aber dass sich alle Punkte in einer Tiefenschicht befinden und mit einer sehr geometrischen Positionsverteilung, die sich weder an die tektonischen Störungen oder an den Verlauf der gravimetrischen Schwereanomalie lehnt, zeigt dass mit $W = 15$ der falsche Parameter für die Suchfenstergröße gewählt wurde. Eine Ausnahme stellt die Elbe-Linie dar. Sie wird in allen Dekonvolutionen mit verschiedenen Parametern deutlich erfasst.



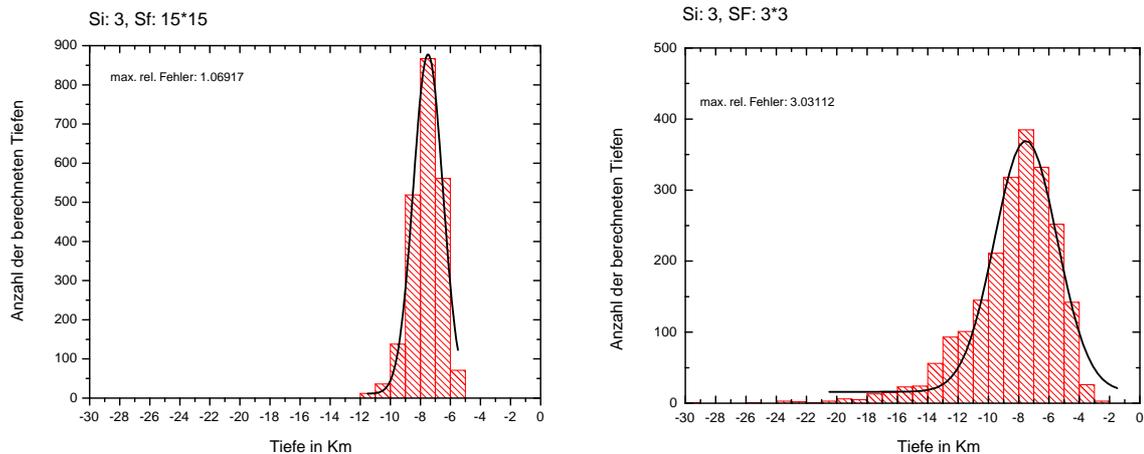
(a) Suchfenstergröße $W = 15$



(b) Suchfenstergröße $W = 3$

Abbildung 19: Eulerdekonvolution der Bougwerschweredaten mit einem Strukturindex $SI = -3$ und unterschiedlichen Suchfenstergrößen, $W = 15$ und $W = 3$. Die Punkte geben die Position, die Farben die Tiefen der Punktquellen an.

In Abbildung 19b wurde stattdessen die Suchfenstergröße auf $W = 3$ gesetzt. Als Ergebnis wird ein breiteres Tiefenintervall von maximal -26 bis -2 km Tiefe berechnet. Die Positionen der Quellpunkte sind auf dem ersten Blick an die tektonischen Elemente und an den Schwereverlauf gebunden. Dieses bessere Ergebnis wird wegen dem großen relativen Fehler von 3.03, siehe Histogramm Abbildung 20 b, ausgeschlossen. Wie weiter unten zu sehen sein wird, ist für dieses Schwerefeld eine Suchfenstergröße $W = 5$ der beste Wert. Da die Ergebnisse der Eulerdekonvolution von der Suchfenstergröße und den



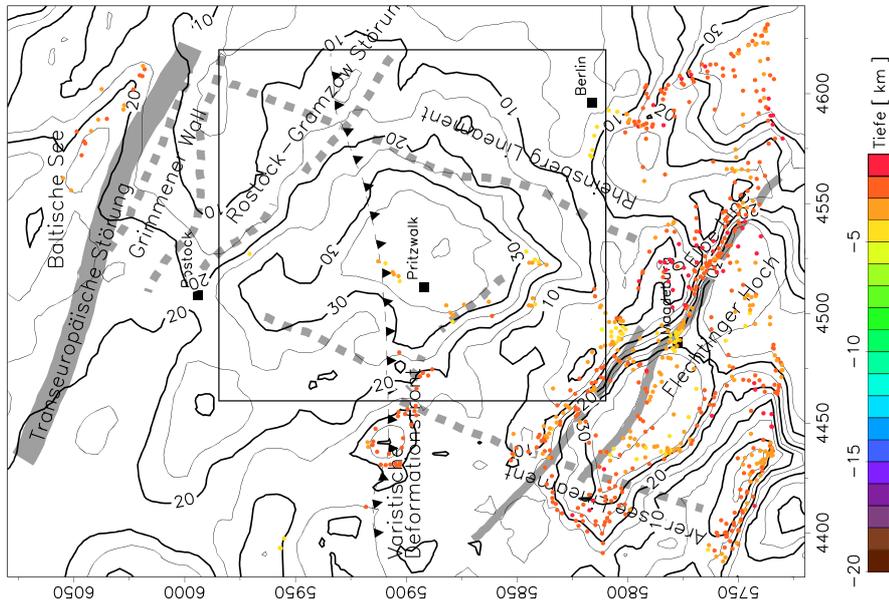
(a) Ergebnis für die Suchfenstergröße $W=15$, mit einem maximalen relativen Fehler von 1.07.

(b) Ergebnis für die Suchfenstergröße $W=3$, mit einem maximalen relativen Fehler von 3.03.

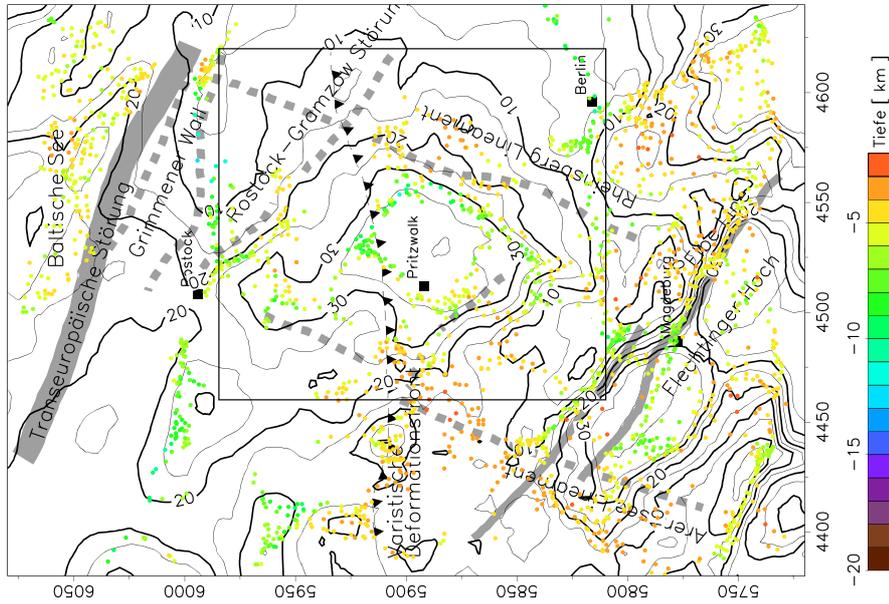
Abbildung 20: Histogramm der Tiefenhäufigkeitsverteilung der berechneten Punktquellen der Schwere mit dem SI = -3 und unterschiedlichen Suchfenstergrößen, $W=15$ und $W=3$.

Strukturindizes SI abhängig sind, müssen auch die Indizes ungleich -3 berechnet werden. Die Ergebnisse für die Berechnung der Eulerdekonvolution mit einem SI gleich -1 und -2 sind in Abbildung 21a und 21b eingetragen.

Die Ergebnisse der Eulerdekonvolution des Schwerefeldes mit einer Suchfenstergröße von $W = 5$ und einem SI = -1, dies entspricht einer dünnen liegenden oder stehenden Fläche, sind in Abbildung 21a eingetragen. Die Lösungen markieren für diesen Index die Oberfläche des Störkörpers. Da sie in einer Tiefenlage von ca. 2 bis 4 km verteilt sind, beschreiben sie Schwerekörper in einer geringen Tiefe mit einem max. relativen Fehler von 2.14, siehe das Histogramm von Abbildung 22a. Da durch die Bohrungen bekannt ist, dass kein größer dichter Körper, der die Quelle der Schwereanomalie sein könnte, in dieser Tiefe im Sedimentbecken existiert, erfüllt der SI = -1 nicht die Randbedingungen. Für die Berechnung der Dekonvolution für den SI = -2, dies entspricht einer liegender oder stehender Massenlinie, gilt ähnliches. Siehe Abbildung 21b. Für den SI = -2 liegen die Lösungen etwas tiefer, zwischen ca. 4 bis 6 km und mit einem max. relativen Fehler von 2.14, siehe Abbildung 22b. Aber auch sie erfüllen nicht, wie die Lösungen für SI = -1, die Randbedingungen. Diese Körper müssten auch in geringer Tiefe und eine hohe Dichte besitzen, um die Anomalie zu verursachen. Geeignete Werte für die Eulerdekonvolution des Schwerefeldes des Untersuchungsgebietes sind für die Suchfenstergröße $W = 5$ und dem Strukturindex

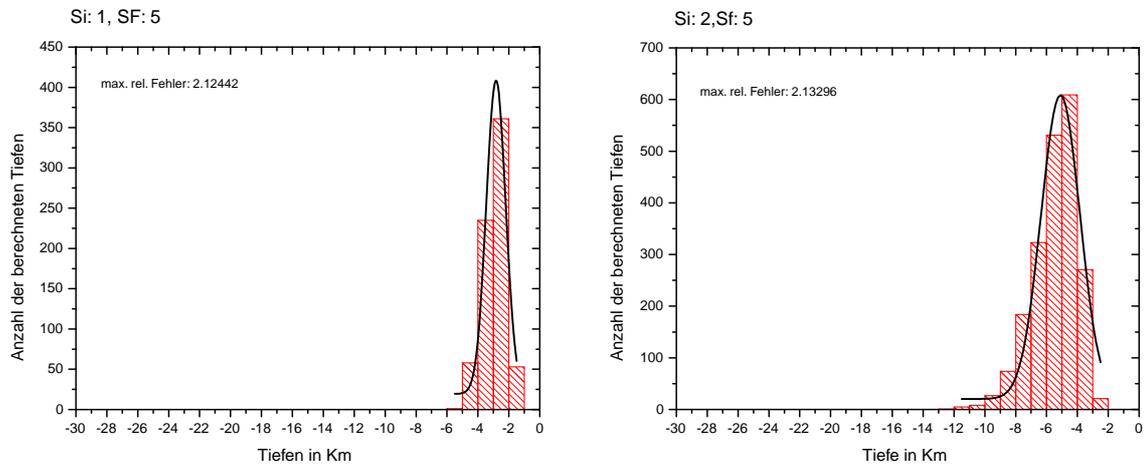


(a) $SI = -1$, dies ist gleichbedeutend mit einer dünnen liegenden oder stehenden Fläche.



(b) $SI = -2$, dies entspricht einer liegender oder stehender Masselinie.

Abbildung 21: Eulerdekonvolution der Bougueranomalie mit $W = 5$ und verschiedenen Strukturindizes. Die Punkte geben die Position, die Farben die Tiefen der Punktquellen an. Das Rechteck markiert das Gebiet, das zur Powerspektralanalyse verwendet wurde.



(a) Ergebnisse für ein SI = -1, mit einem maximalen relativen Fehler von 2.124.

(b) Ergebnisse für ein SI = -2, mit einem maximalen relativen Fehler von 2.133.

Abbildung 22: Histogramme der Tiefenhäufigkeitsverteilung der berechneten Punktquellen der Schwere mit verschiedenen Strukturindizes und gleichbleibender Suchfenstergröße $W = 5$.

SI = -3.

4.3.1 Diskussion

In Abbildung 23 sind die Ergebnisse der Eulerdekonvolution eingetragen. Die Verteilung der Tiefen und der Positionslagen der Quellpunkte und ein maximaler relativer Fehler von 1.46 zeigen, siehe Histogramm Abbildung 24, dass diese gewählten Parameter für die Dekonvolution geeignet sind. Zum besseren Vergleich mit der Powerspektralanalyse umschließt das eingezeichnete Rechteck in Abbildung 23 das Gebiet, welches mit der Powerspektralanalyse untersucht wurde. Die meisten Punkte im Schwere maximum von Pritzwalk liegen in einem Tiefenintervall von 7 bis 9 km und entlang der $20 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s^2}$ Isolinie. Nur im Nordosten erreichen einige Quellpunkte Tiefen von 10 bis 15 km Tiefe. Weiter in nordöstlicher Richtung an der Rostock-Gramzow-Störung, steigen die Tiefen auf ein Niveau von ca. 8 bis 12 km. Längs des Grimmener Walls wird eine maximale, aber nur von wenigen Schwerequellen erreichte Tiefe von ca. 20 km erreicht. Nördlich von der Transeuropäischen Störung befinden sich die Quellen, die in derselben Streichrichtung orientiert sind wie die Störung, in einer Tiefe von ca. 5 bis 8 km, vereinzelt auch in 11 km. Es scheint eine wellenförmige Tiefenverteilung von Pritzwalk in nordöstlicher Richtung zu geben. Die tektonischen Strukturen werden durch die Quellpunkte deutlich herausgearbeitet, insbesondere die der Elbe-Linie. Die Tiefenverteilung an den Strukturen pendelt im allgemeinen zwischen 5 und 9 km, mit vereinzelt Tiefen um 12 km.

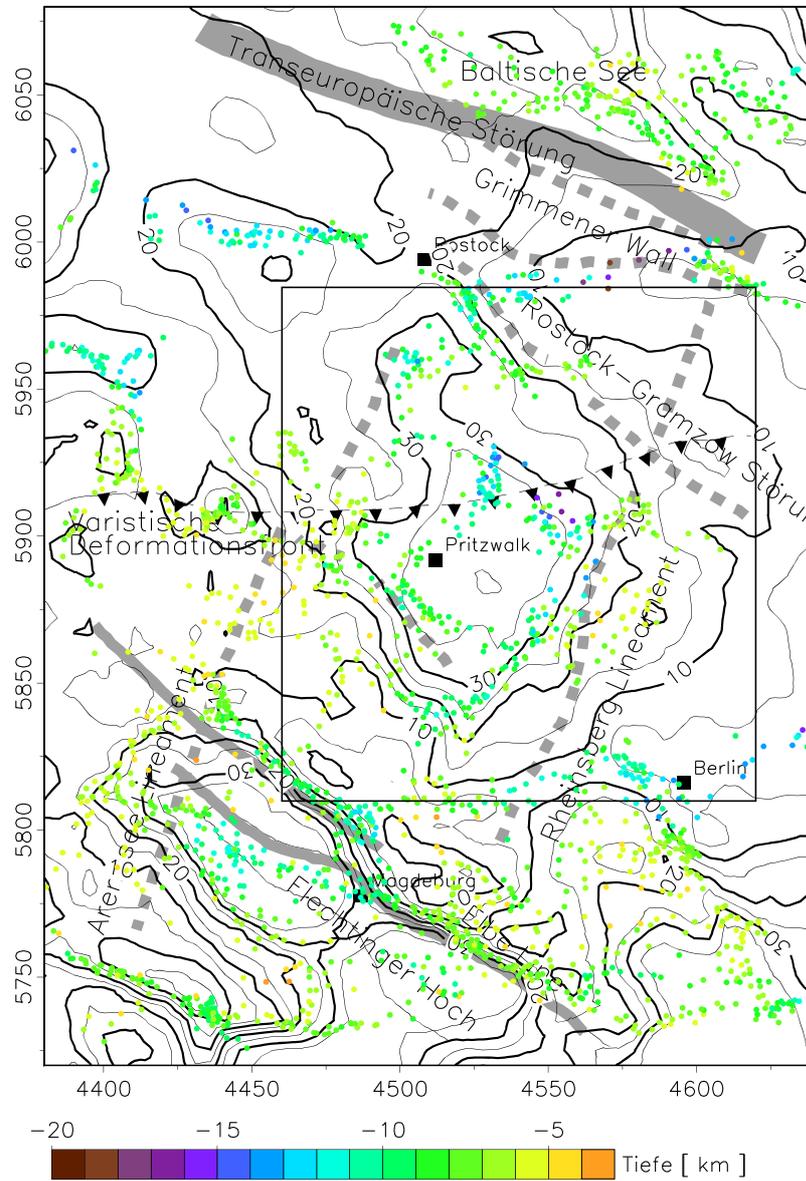


Abbildung 23: Eulerdekonvolution mit SI -3 über das Modelliergebiet und $W = 5$. Die Punkte geben die Position, die Farben die Tiefen der Punktquellen an. Das Rechteck markiert das Gebiet, das zur Powerspektralanalyse verwendet wurde.

Weitere Häufungen bei ca. 12 bis 15 km Tiefe liegen bei Berlin und westlich von Rostock vor. Im zugehörigen Histogramm in Abbildung 24 befindet sich der Häufigkeitsschwerpunkt der Punktquellen bei 6 bis 8 km Tiefe bei einem Verteilungsintervall von 19 bis 3 km Tiefe. Fasst man die Ergebnisse der Eulerdekonvolution und der Powerspektralanalyse der Schweredaten für das Gebiet von Pritzwalk zusammen, dann liegen die höchsten Punktquellen in der Mehrheit in einer Tiefe von ca. 5 bis 7 km und die tiefsten in ca. 8 km Tiefe. Das weist auf einen Störkörper hin, dessen oberflächennahe Strukturen in einer Tiefe zwischen 5 und 8 km liegen. Der Verursacher der Schwereanomalie von Pritzwalk könnte daher ein isolierter Massenblock unter dem Sedimentbecken sein. Möglich ist auch, dass dies die Oberfläche einer in tiefere Regionen ausgedehnte Struktur ist. Die Tiefenausdehnung wird aber durch die Ergebnisse der Eulerdekonvolution weder bestätigt noch verneint. Die Verteilung der Schwerequellen in Tiefen von ca. 5 - 8 km und die geringe Ausdehnung des Schweremaximums bei Pritzwalk lassen den Schluss zu, dass die Breite des Störkörpers eher begrenzt ist. Die Anomalie könnte also durch einen isolierten, dichten und kompakten Körper unter dem Sedimentbecken verursacht werden oder durch einen trapezförmigen Körper mit geringerer Dichte, der sich in die Tiefe weiter fortsetzt. Wie zum Beispiel eine spitz zulaufende Intrusion. Die Ergebnisse der mit anderen Strukturindizes durchgeführten Eulerdekonvolutionen

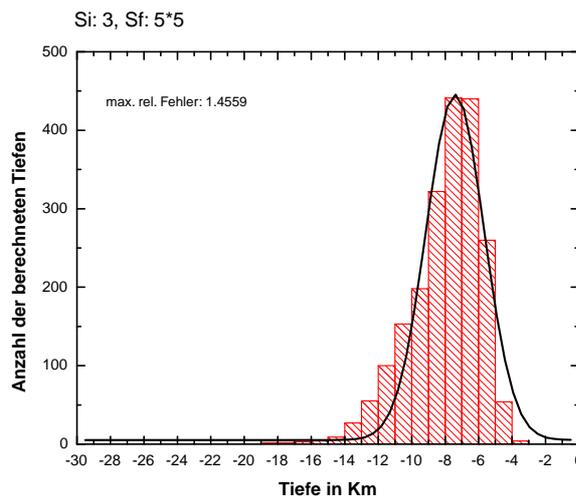


Abbildung 24: Histogramm der Tiefenhäufigkeitsverteilung der durch Eulerdekonvolution berechneten Punktquellen der Schwere mit einer Suchfenstergröße $W = 5$ und einem $Si = -3$, mit einem maximalen relativen Fehler von 1.456.

unterstützen diese Vermutungen. Die Dekonvolution des Schwerefeldes mit einem $SI = -1$, dies entspricht einer dünnen liegenden oder stehenden Fläche, ergibt eine Tiefe des Störkörpers von ca. 2 bis 4 km mit einem max. relativen Fehler von 2.14, Abbildung 21a). Dieser Körper müsste eine hohe Dichte besitzen um die Anomalie zu verursachen. Da aber in diesen Tiefen nach HOTH et al. (1993) nur Sedimente erbohrt wurden, kann diese Form und Lage des Störkörpers ausgeschlossen werden. Für die Eulerdekonvolution mit dem $SI = -2$ gilt die Aussage auch. Diese Dekonvolution berechnet die Lösungen für eine liegende oder stehende Massenlinie. Die Lösungen mit einem max. relativen Fehler von 2.13 liegen in einer Tiefe von ca. 4 bis 6 km. Auch in dieser Tiefe wurde kein Körper mit einer höheren Dichte als das Sedimentgestein erbohrt. Die Ergebnisse der Powerspektralanalyse der Magnetik bieten zwei mögliche

Interpretationen für die Pritzwalker Magnetikanomalie an. Bei der ersten liegt die verursachende Quelle in ca. 14 km Tiefe und ist damit unabhängig von der Dichteverteilung im Gestein. Bei der zweiten besteht eine Übereinstimmung der Dichte- und Magnetikquellen in ca. 7.5 - 8 km Tiefe. Das bedeutet für das dortige Gestein, dass es eine hohe Dichte und Suszeptibilität besitzt, es könnten zum Beispiel nach HOFFMANN & FRANKE (1997) vielleicht mafische Intrusionen des späten Karbon/frühen Perms sein. Außerdem befindet sich eine weitere Magnetikquelle in ca. 15 km Tiefe aber keine Schwerequelle. Dies könnte ein Hinweis auf ein Wechsel des Gesteins sein.

In dem folgenden Abschnitt wird unter Berücksichtigung der vorgestellten geologischen und geophysikalischen Randbedingungen und den Ergebnissen der Analyse der Potentialfelder, geologische Strukturmodelle zur Schweremodellierung erstellt. Und die im Abschnitt 2 vorgestellte indirekte Interpretationsmethode der dreidimensionalen Dichtemodellierung angewandt.