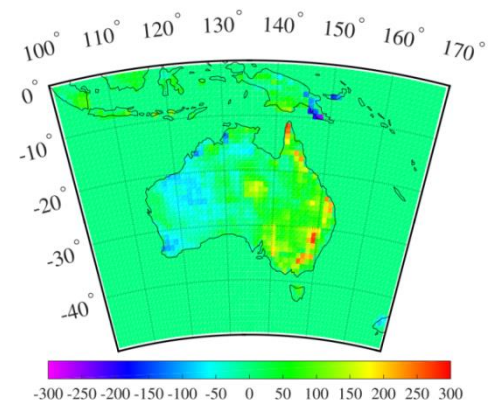


## Rekonstruktion von äquivalenten Wassersäulen aus einem inversen Tesseroidansatz in einer closed-loop-Simulation

Für die Vorhersage von Ereignissen wie Hochwasser oder Dürrezeiten sind Kenntnisse über den globalen Wasserhaushalt und dessen Veränderungen von großem Nutzen. Diese Kenntnisse können durch die Erhebung von terrestrischen Daten gewonnen werden. Jedoch werden nicht in allen Gebieten der Erde terrestrische Daten ermittelt, beziehungsweise es sind nicht genug Daten verfügbar, um eine Aussage zum Wasserhaushalt zu treffen, oder die Daten besitzen keine ausreichende Genauigkeit. Mit Hilfe von Sensoren in Satelliten ist es möglich, Veränderungen in der terrestrischen Wasserverteilung aufzunehmen. Aus diesen Daten können monatliche Lösungen für das Schwerepotential der Erde berechnet werden. Deren Auflösung ist allerdings sehr gering. Durch die Verwendung von GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) Beobachtungen kann die Auflösung der Monatslösungen verbessert werden. Die Daten der GRACE-Mission werden bisher mit Punktmassen modelliert.

In dieser Arbeit ist die Modellierung der terrestrischen Wasserverteilung durch Tesseroiden geschehen. Für die Untersuchung der Modellierung des Terrestrial Water Storage (TWS, siehe Abb. rechts in [mm]) mit Tesseroiden wurde eine closed-loop-Simulation durchgeführt. In einer Vorwärtsrechnung wurde das Gravitationspotential in Satellitenhöhe mit Tesseroiden berechnet. Bei der Rückwärtsrechnung wurde das zuvor modellierte Gravitationspotential eingelesen und eine inverse Berechnung durchgeführt, um die Höhen der Wassersäulen zu berechnen. Die Ergebnisse für die TWS nach der inversen Berechnung wurden anschließend mit den Ausgangsdaten verglichen.



Die Ergebnisse für die TWS nach der inversen Berechnung wurden anschließend mit den Ausgangsdaten verglichen.

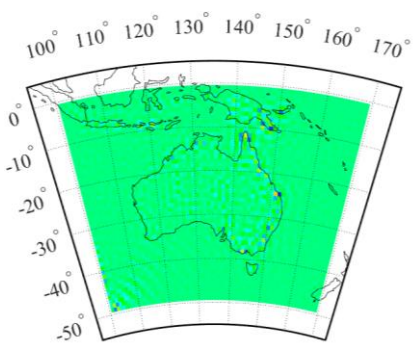
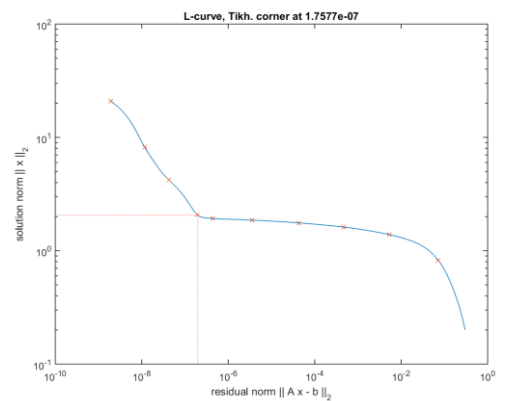
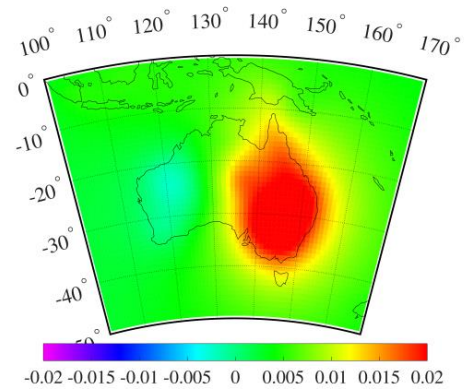
Die Effekte verschiedener Größen in der Berechnung, wie eine Änderung des Überlappungsbereiches der Datengitter, verschiedener Anzahlen an Iterationen, die Berechnung mit und ohne Regularisierung des Normalgleichungssystems und die Änderung der Satellitenhöhe wurden in dieser Arbeit betrachtet. Ebenso wurde die Berechnung mit Punktmassen und mit Tesseroiden miteinander verglichen. Ziel der verschiedenen Berechnungsvarianten ist es, herauszufinden, wie sich die Berechnung mit Tesseroiden verhält, welche Möglichkeiten es in der Berechnung gibt um höhere Genauigkeiten zu erzielen und welche Effekte bei Veränderung der Parameter auftreten.

Zu Beginn der Arbeit werden wichtige Grundlagen zu den Daten und der Berechnung erläutert. Es wird hierbei besonders auf die inverse Berechnung und sie betreffende Parameter eingegangen. Danach erfolgt die numerische Betrachtung, hier wird erst allgemein die Vorwärts- und

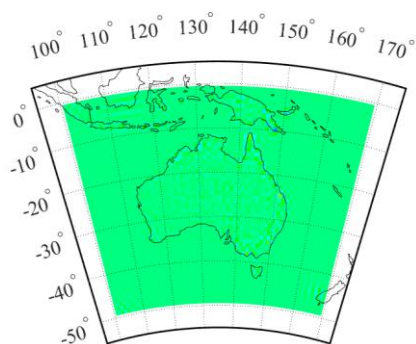
Rückwärtsrechnung beschrieben und anschließend werden die durchgeführten Berechnungsvarianten thematisiert (Abb. rechts: Potential aus Vorwärtsrechnung in  $[m^2s^{-2}]$ ). Im Anschluss hieran folgt die Diskussion und Interpretation der Ergebnisse. Bei der Diskussion und Interpretation wurden die Berechnungen auf Auswirkungen durch Änderung der Parameter im Hinblick auf die Berechnungszeit, die Variation des Überlappungsbereichs, die Berechnung mit Punktmassen oder mit Tesseroiden, die Berechnung mit oder ohne Regularisierung und die Anzahl der Iterationen betrachtet. Die Betrachtung der Auswirkungen unterschiedlicher Satellitenhöhen erfolgt in den einzelnen Abschnitten.

Durch die Wahl geeigneter Werte für die Überlappung, die Anzahl an Iterationen, die Modellierung als Punktmassen oder Tesseroiden und die Entscheidung, ob mit Regularisierung gerechnet wird oder ohne, kann das Ergebnis der inversen Berechnung der TWS signifikant beeinflusst werden. Eine Überlappung der Datengitter ist von Vorteil, um mehr Daten in die inverse Berechnung einfließen zu lassen und somit ein stabileres Ergebnis zu erhalten. Bereits eine Überlappung von  $5^\circ$  liefert deutlich bessere Ergebnisse als die Berechnung ohne Überlappung. Ebenfalls sollte die Berechnung mit einer Regularisierung, wie der Tikhonov-Regularisierung durchgeführt werden (siehe Abb. L-curve), da es sich bei der inversen Berechnung der Höhen der Wassersäulen um ein schlecht gestelltes inverses Problem handelt.

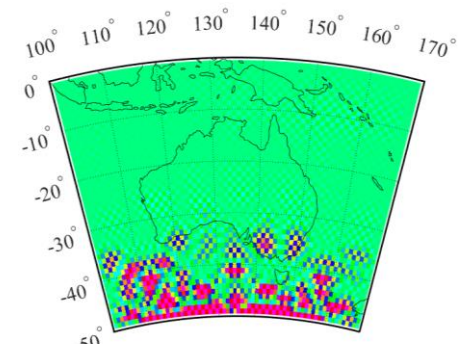
Durch die Regularisierung kann der Einfluss von Fehlern in den Daten verringert und die Koeffizientenmatrix stabilisiert werden. Für die Modellierung des funktionalen Modells des TWS liefern Tesseroiden bessere Ergebnisse als Punktmassen. Dies hängt mit der mathematischen Definition der Tesseroiden zusammen. Die Modellierung des funktionalen Modells der terrestrischen Wasserverteilung mittels Tesseroiden ist demnach eine gute Alternative zu der Verwendung von Punktmassen.



Residuen der Berechnung mit Tesseroiden (450 km Höhe, 10 Iterationen,  $5^\circ$  Überlappung)



Residuen der Berechnung mit Punktmassen (450 km Höhe, 5 Iterationen,  $5^\circ$  Überlappung)



Residuen der Berechnung mit Tesseroiden (250 km Höhe, ohne Regularisierung, 10 Iterationen,  $0^\circ$  Überlappung)