

## Gravitation und Grundwasser

„Willst du die Tiefen ergründen, mußt hoch in den Himmel dich heben.“ Seit dem 17. März 2002 umkreist ein Satellitenpaar die Erde: Zwei Satelliten bewegen sich in der für ihresgleichen geringen Höhe von etwa 470 km auf einer Kreisbahn von Pol zu Pol, wobei der zweite den ersten mit etwa 200 km Abstand verfolgt, ohne ihn einzuholen. Sie registrieren – außer ihrer Position über der Erde – dauernd ihre gegenseitige Distanz, als ob nichts sonst wichtig wäre. Was haben diese Satelliten mit dem Wasserhaushalt der Erde zu tun?



Das Paar heißt „Gravity Recovery And Climate Experiment“ (GRACE) und ist ein Instrument, mit dem kleinste räumliche und zeitliche Veränderungen der Schwerkraft (Gravitation) der Erde mit sehr großer Genauigkeit erfasst werden. Es handelt sich um ein Forschungsprojekt zur genauen Bestimmung des Erdschwerefeldes, das gemeinsam vom DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) und dem NASA/JPL (National Aeronautics and Space Administration/Jet Propulsion Laboratory) in Kooperation entwickelt wurde. Damit soll im Laufe von einigen Jahren das „Geoid“, die Niveaulfläche der Erde auf Meereshöhe (die Form der Erde, wenn überall Ozean wäre) mit einer Genauigkeit von 1 cm bestimmt werden. Das ist für viele Wissenschaften fundamental wichtig, beispielsweise wenn eine genaue Bezugsfläche für Höhenmessungen benötigt wird.

Die beiden Satelliten umkreisen die Erde in 94,5 Minuten auf einer nahe am Nord- und Südpol vorbeiziehenden Bahn, wodurch bei jeder Runde andere Gebiete überflogen werden, da die Erde sich währenddessen weiterdreht. Auf diese Weise kommt das Paar im Laufe der Zeit überall vorbei. Wenn nun der erste der beiden Satelliten sich auf ein Gebiet mit größerer Schwerkraft zu bewegt, wird er geringfügig schneller und der Abstand zum nachfolgenden Satelliten wächst. Kommt dieser dann auch an den Ort, so verringert sich die Distanz wieder. Diese wird mit Mikrowellen kontinuierlich und mit sehr großer Präzision (auf Millimeter genau) gemessen. Aus diesen Messdaten errechnet man regionale Unregelmäßigkeiten des Schwerefeldes und damit die Beulen und Dellen des Geoids, aber auch zeitliche Schwankungen der Gravitation in einem begrenzten Gebiet.

Im Laufe der Jahre hat sich gezeigt, dass die regionalen Schwankungen der Schwerkraft auch von der Gravitationswirkung der Wassermengen beeinflusst

werden, die sich auf, über und unter der Erde befinden. So zeigen die Messdaten von GRACE beispielsweise, dass sich die Antarktis-Eismasse innerhalb von 3 Jahren um ca. 150 km<sup>3</sup> verringert hat, was einem Anstieg des Meeresspiegels um 0,4 mm pro Jahr entspricht. Außerdem stellt GRACE kontinuierlich präzise Informationen über globale Temperatur- und Wasserdampfverteilungen bereit.

Mit den Messdaten der Jahre 2003 – 2013 kann man nun erstmals erkennen, wie stark die Grundwasservorräte in verschiedenen Gebieten durch Nutzung zurückgegangen sind. Es zeichnet sich ab, dass bedeutende Teile der Weltbevölkerung ihre Grundwasservorräte wesentlich schneller verbrauchen, als diese wieder erneuert werden. Da nur das Tempo des Rückgangs der Grundwasservorräte gemessen wird, nicht aber ihre Größe, weiß man nicht, wann sie erschöpft sein werden.

Das arabische Aquifersystem, aus dem über 60 Millionen Menschen Grundwasser beziehen, führt die Liste der am schnellsten zurückgehenden Grundwasservorräte an, gefolgt von dem des Indusbeckens in Nordwestindien und Pakistan. An dritter Stelle rangiert das Murzuk-Djado-Becken in Nordafrika. Das von seiner Landwirtschaft stark beanspruchte Central Valley in Kalifornien ist kaum besser dran und es ist zu befürchten, dass auch dort die Grundwasservorräte zuende gehen. Die weltweit verbleibende Menge nutzbaren Grundwassers ist nicht bekannt und wird möglicherweise als viel zu groß vermutet. So variieren beispielsweise die Schätzungen der verbleibenden Nutzungszeit für das Nordwestsahara-Aquifersystem zwischen 10 und 21000 Jahren.

Durch die Ergebnisse der Messdaten der GRACE-Satelliten wird uns bewusst, wie kostbar das auf unserem Planeten vorhandene, gute, für Mensch, Tier und Pflanze bekömmliche Wasser, aber auch, dass der Vorrat endlich ist. Es ist zu hoffen, dass ein wachsendes Bewusstsein für die Begrenztheit unserer Ressourcen mehr und mehr zu einem nachhaltigen Umgang mit ihnen führt.

*Michael Jacobi*

**Abb. 6:** Von der NASA veröffentlichte künstlerische Darstellung der GRACE-Satelliten.  
Copyright:  
PD-USGov-NASA

