

Information des GLD zur Einordnung der GRACE-Messungen von Wasservorratsänderungen in Niedersachsen

Bearbeiter:

NLWKN: Gunter Wriedt, Gerald Nickel, Jochen Hermann

LBEG: Axel Lietzow, Dörte Budziak

Hintergrund

Im Zusammenhang mit der Ausstrahlung des Fernsehfilms und der dazugehörigen Dokumentation „Bis zum letzten Tropfen“ wurden Ergebnisse der GRACE-Auswertungen zu Grundwasservorratsänderungen in Deutschland und in der Region Lüneburg präsentiert, die insbesondere im LK Lüneburg und LK Harburg in der Öffentlichkeit sehr kontrovers aufgenommen wurden.

Unter anderem wurde in der Landeszeitung für die Lüneburger Heide (LZ) vom 18.03.2022 dazu berichtet, die Wassersäule in der Region „rund um Lüneburg“ (bzw. in einem Gebiet von 150 km x 150 km) sei nach Auswertungen der GRACE-Daten zwischen 2002 und 2022 um mehr als 10 cm gesunken, das entspreche einem Gesamtwasserverlust von 2,25 Mrd. Liter (Anm. d. GLD: m³) über 20 Jahre.

Mit dem Ziel einer Versachlichung der Debatte bitten die Landkreise Lüneburg und Harburg den GLD um eine fachliche Stellungnahme bezüglich der Ergebnisse der GRACE-Auswertungen zu Grundwasserverlusten in der Region Lüneburg.

Die GRACE-Mission

Bei der von 2002-2017 durchgeführten GRACE-Mission sowie seit 2017 bei der GRACE-FollowOn-Mission erfolgt eine Vermessung des Schwerefeldes der Erde. Veränderungen des Schwerefeldes ermöglichen Aussagen zu Massenänderungen auf der Erde. Durch aufwändige mathematische Verfahren können aus den Schweremessungen auch Veränderungen der Wasservorräte berechnet werden.

Räumliche Auflösung der GRACE-Daten

Für die Auswertung der GRACE-Daten zur Umwandlung in Wasservorratsänderungen liegen verschiedene Rechenverfahren vor. Die GRACE Mascon Lösungen des Goddard Space Flight Center (GSFC) und des Jet Propulsion Lab (JPL) sind über das Mascon Visualisierungswerkzeug der Universität Colorado zugänglich (<https://ccar.colorado.edu/grace/index.html>). Der Presseartikel zitiert dabei Ergebnisse des JPL (Zeitreihendiagramm für Mascon 398).

Für die räumliche Auswertung werden die Rohdaten auf einem 0,5°-Gitternetz aufbereitet und auf ein 3°-Gitter mit flächengleichen Zellen aggregiert (Mascon = Mass concentration block, im Folgenden auch als Mascon-Gitterzelle bezeichnet). Durch das Aggregieren werden unter anderem die Unsicherheiten der Berechnung auf dem zugrunde gelegten Rechengitter ausgeglichen.

In Nord-Süd-Richtung beginnt alle 3° Breitengrade eine neue Gitterreihe (d.h. alle 333 km), die Anzahl der Zellen in jeder Gitterreihe verringert sich mit zunehmender geografischer Breite.

Dadurch ist die räumliche Auflösung der Ergebnisse grundsätzlich begrenzt. Aussagen zu Wassermengenänderungen sind nur auf großskalierten Betrachtungsebenen sinnvoll, d.h. auf kontinentalem und subkontinentalem Maßstab. **Kleinskalierte Betrachtungen, z.B. auf Landkreis- oder Gemeindeebene oder auf Ebene von Grundwasserkörpern sind dagegen nicht mehr sinnvoll durchführbar.**

Andere Verfahren (z.B. GSFC) berechnen Ergebnisse für Mascon-Gitterzellen basierend auf einem 1°-Gitternetz und ermöglichen dadurch eine etwas höhere räumliche Auflösung, die aber auf ca. 110 km begrenzt ist.

Die Wasservorratsdaten gelten demnach für eine Mascon-Gitterzelle in ihrer Gesamtheit. Die innerhalb eines Mascon-Gitterzelle real vorhandenen regionalen Unterschiede können in den GRACE-Auswertungen nicht aufgelöst werden.

Differenziertere Aussagen für Gebiete kleiner als ein Mascon sind mit den zugrunde gelegten GRACE-Auswertungen nicht möglich. Der konkrete Nutzen für die Forschung ergibt sich daraus, dass Wasservorratsänderungen auch in Erdregionen abgeschätzt werden können, in denen keine geeigneten Grundwasserbeobachtungsmessnetze vorliegen. Grundsätzlich können mit dem GRACE-Auswertungen nur Wassermengenänderungen und keine Grundwasserstandsänderungen ausgewiesen werden. Aussagen für konkrete Wassernutzungsvorhaben (Wasserrechtsvergabe) lassen sich hieraus nicht ableiten. Differenzierte Aussagen zu lokalen und regionalen Grundwasserstandsentwicklungen liefert zum Beispiel das Landesgrundwassermessnetz.

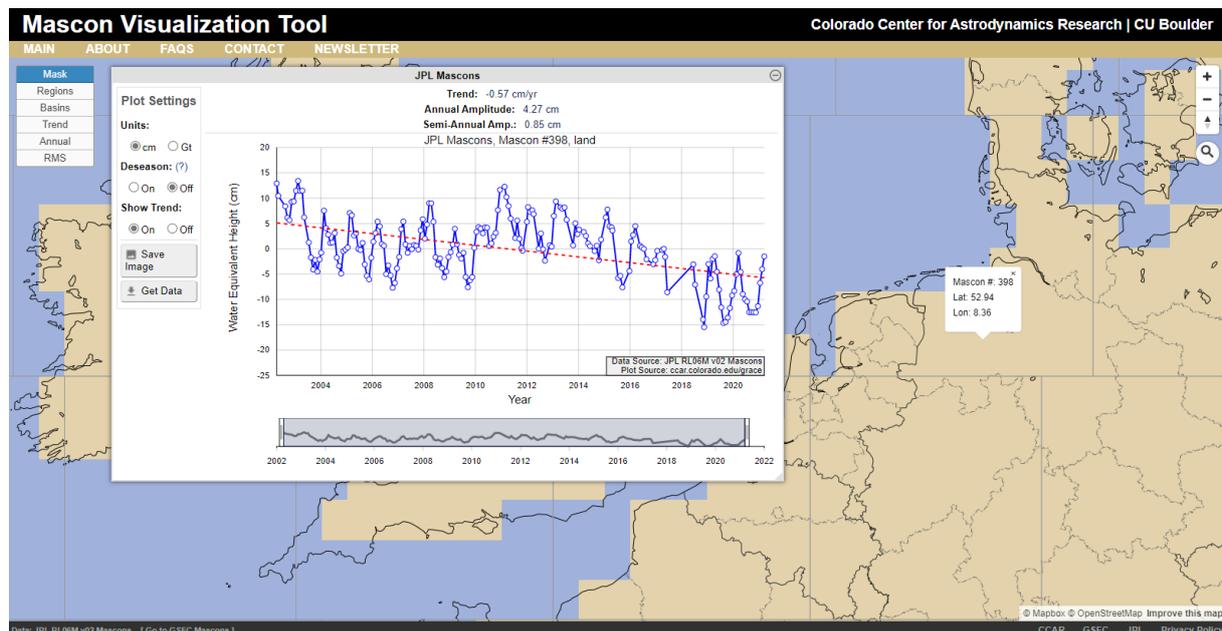


Abbildung 1: Änderung der Wassersäule im Mascon #398 (Landflächen) basierend auf der JPL-Mascon-Lösung.

Einordnung der GRACE-Auswertungen in Bezug auf die Grundwasserstandsentwicklung in Niedersachsen

GRACE-Daten stehen erst seit 2002 zur Verfügung. Das bedeutet, dass grundsätzlich nur Wassermengenänderungen der letzten 20 Jahre erfasst werden können. Für eine angemessene Interpretation müssen die angegebenen Wasserverluste in Bezug zur innerjährlichen und langjährigen Grundwasserschwankungsdynamik gesetzt werden.

Der Gewässerkundliche Landesdienst Niedersachsen mit den Dienststellen NLWKN und LBEG verfügt über langjährige Messreihen von Grundwassermessstellen in ganz Niedersachsen, die es ermöglichen, über die landesweit zu beobachtenden Grundwasserstandsänderungen auch Grundwasservorratsveränderungen abzuschätzen und mit den Ergebnissen der GRACE-Auswertungen in Beziehung zu setzen.

Da das Mascon #398 einen Großteil Niedersachsens beinhaltet und die benachbarten Mascon #399, #468 und #469 ähnliche Vorratsänderungen anzeigen (in den umgebenden Mascons werden mittlere jährliche Änderungen von -0,52 (#399), -0,72 (#468), -0,55 (#469) angegeben), erfolgen die nachstehenden Betrachtungen vereinfachend als Vergleich der für Gesamt-Niedersachsen aus den Grundwasserbeobachtungen ermittelten Grundwasserstandsentswicklung sowie der für das Mascon #398 berechneten Wasservorratsänderungen über Jahresmittelwerte.

Um die Wassermengenänderungen der GRACE-Lösungen über die Wassersäulenbetrachtung mit den Grundwasserstandsbeobachtungen des GLD vergleichbar zu machen, ist es erforderlich, die Änderung der Wassersäule nach GRACE in eine Grundwasserstandsänderung umzurechnen. Hierbei wird berücksichtigt, dass im Gegensatz zu einer freien Wassersäule ein großer Teil des Grundwasserleiters durch feste Bestandteile eingenommen wird und nur das Porenvolumen für die Grundwasserspeicherung zur Verfügung steht.

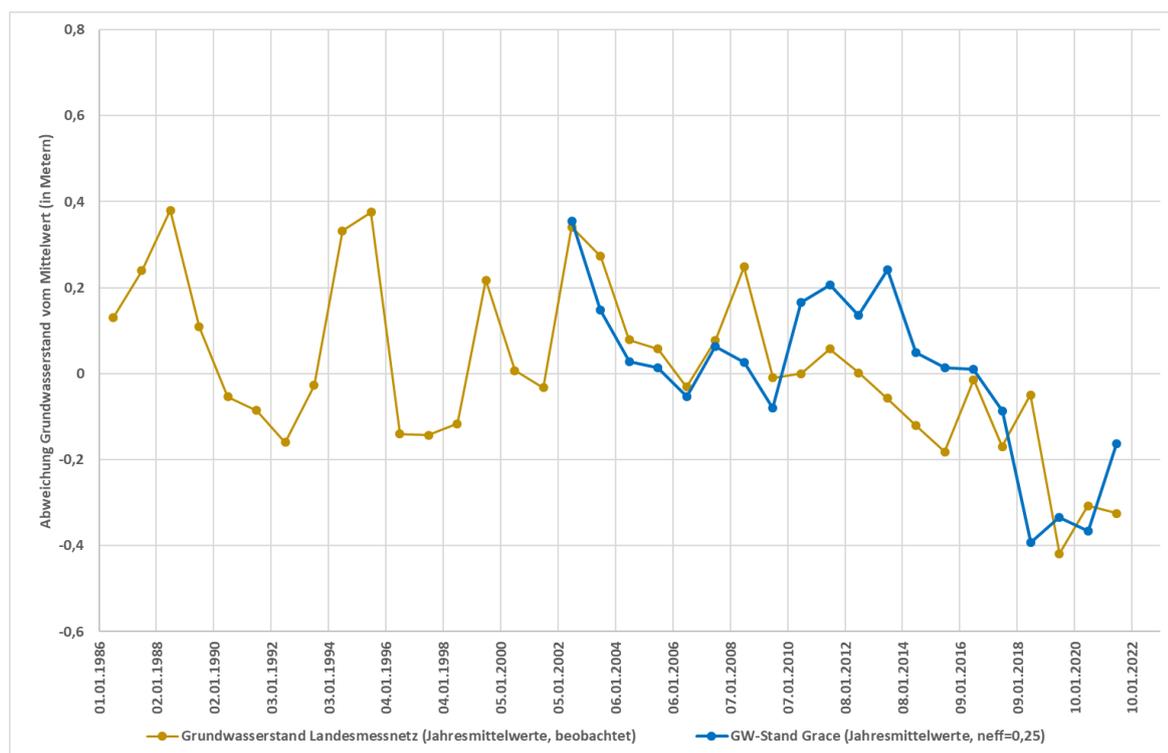


Abbildung 2: Vergleich der beobachteten Grundwasserstandsänderungen in Niedersachsen (Durchschnitt der Jahresmittelwerte der Grundwasserstände von 1510 Messstellen in Niedersachsen) mit den aus den GRACE-Beobachtungen abgeleiteten Grundwasserstandsveränderungen (Änderung Wassersäule / effektive Porosität 0,25)

Abbildung 2 zeigt die landesweite Grundwasserstandsentswicklung als Durchschnitt der Jahresmittelwerte von ~1510 Grundwassermessstellen des Landes im Vergleich zu den, aus den GRACE-Auswertungen für das Mascon #398 abgeleiteten Grundwasserstandsänderungen ebenfalls auf Basis von Jahresmittelwerten.

Für das Mascon #398 wird eine mittlere jährliche Änderung der Wassersäule von -0,57 cm/a angegeben (siehe Abbildung 1), entsprechend einer Gesamtabnahme zwischen 2002 und 2022 von 11,4 cm. Unter der Annahme eines für Niedersachsen insgesamt abgeschätzten effektiven Porenvolumens von 25% ergibt sich aus den GRACE-Auswertungen eine zu erwartende Grundwasserstandsänderung in der Größenordnung von -2,28 cm pro Jahr bzw. -0,46 m für den gesamten betrachteten Zeitraum. Eine analoge Berechnung aus den Beobachtungsdaten der Landesmessstellen führt zu einer berechneten Absenkung von insgesamt -0,56 m bzw. -2,8 cm/a und damit zu einer beobachteten Grundwasserstandsabsenkung in vergleichbarer Größenordnung.

Mit dieser vorgenannten Umrechnung zeigen beide Graphen eine gute visuelle Übereinstimmung und zeichnen eine vergleichbare Grundwasserstandsentwicklung nach. Trotz des überschlägigen Ansatzes sind auch die Größenordnung der Änderungen in beiden Auswertungen vergleichbar. Die GRACE-Auswertungen bestätigen demnach die landesweit im Grundwasserstandsmessnetz beobachteten Grundwasserstandsänderungen.

Deutlich wird hier, dass die Grundwasserstände in mehrjährigen Zyklen erheblich schwanken können. Grundwasserstandsänderungen in der Größenordnung von >50 cm in beide Richtungen und auch über kurze Zeitspannen sind im Rahmen der natürlichen Schwankungsdynamik grundsätzlich möglich und zu beobachten (siehe Tabelle 1).

Die Trockenjahre 2018 und 2019 schlagen sich naturgemäß sowohl in den beobachteten Daten als auch in den GRACE-Auswertungen als Extremereignisse nieder.

Tabelle 1: Grundwasserstandsänderungen in Niedersachsen (landesweiter Durchschnitt) für ausgewählte Zeiträume

Zeitraum	Änderungsrichtung	Änderungsbetrag
1988-1992	Absenkung	-0,54 m
1992-1995	Anstieg	+0,54 m
1995-1996	Absenkung	-0,52 m
1996-2002	Anstieg	+0,48 m
2002-2015	Absenkung	-0,52 cm
2002-2021 (=Zeitraum GRACE-Auswertung)	Absenkung	-0,67 (als Differenz Jahreswerte 2002 und 2021; die berechnete Absenkung aus dem linearen Trend beträgt -0,56 m, der entsprechende Vergleichswert der GRACE-Auswertung beträgt -0,46 m)

Abbildung 3 verdeutlicht diesen Aspekt exemplarisch am Beispiel der Landesmessstelle Seedorf 176/4R. In der Langzeitbetrachtung wird eine erhebliche Dynamik der Grundwasserstände deutlich, die Grundwasserstandsveränderungen können sowohl innerjährlich (siehe auch Abbildung 4) als auch mehrjährig deutlich mehr als 50 cm betragen.

400081764 - Seedorf 176/4R

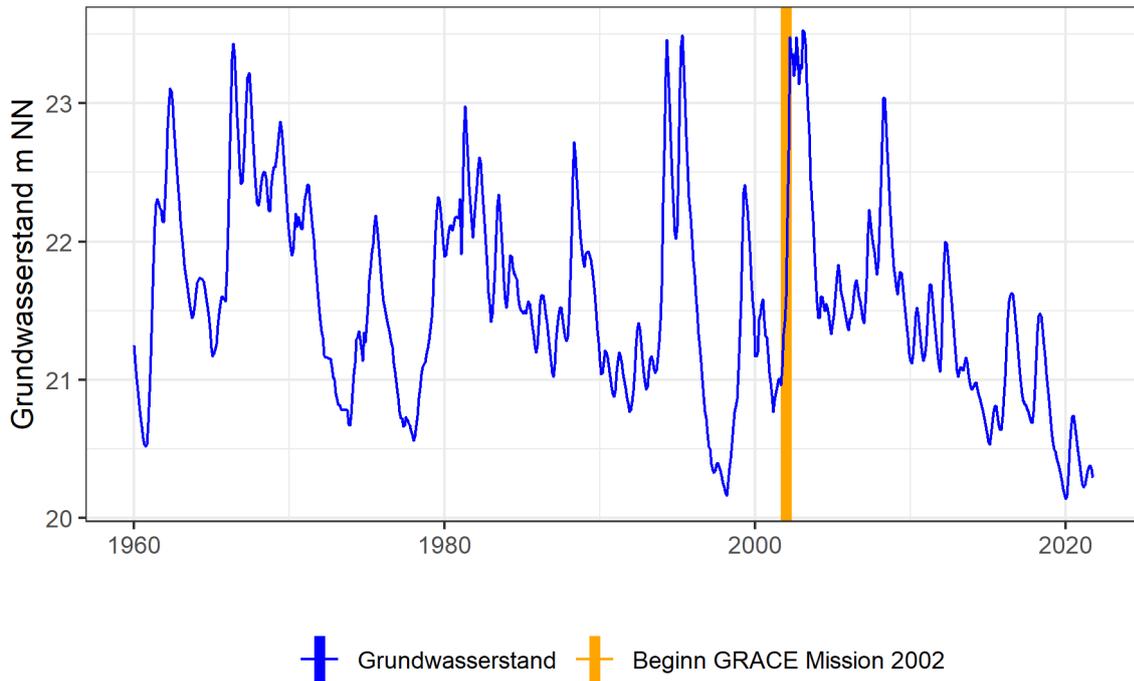


Abbildung 3: Exemplarische Darstellung einer Grundwasserstandsganglinie ab 1960 mit innerjährlichen und langjährigen Grundwasserstandsschwankungen und Beginn der GRACE-Mission 2002.

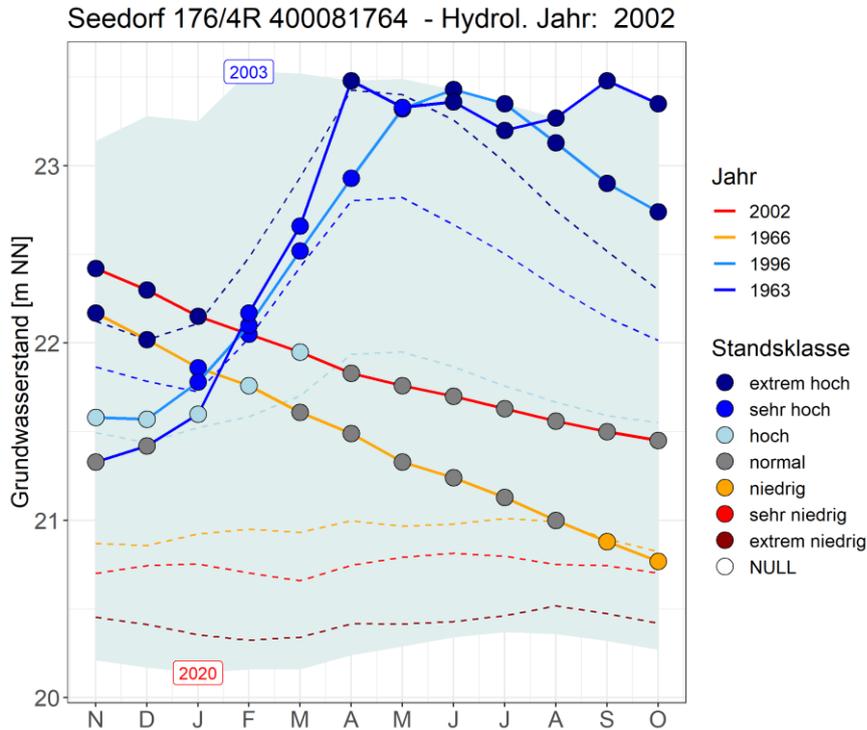


Abbildung 4: Exemplarische Jahrgänge (bezogen auf das hydrologische Jahr Nov-Okt) der Grundwasserstände für die Messstelle aus Abbildung 3. Der schattierte Bereich kennzeichnet den Wertebereich der Grundwasserstände für die einzelnen Monate im Gesamtzeitraum, die gestrichelten Linien kennzeichnen die 5%, 15%, 25%-Perzentile bzw. 75%, 85% und 95%-Perzentile als Grenzen der Standklassen „extrem niedrig“ bis „extrem hoch“ (siehe Wriedt 2021). Als exemplarische Jahrgänge wurden Jahre mit extrem hohen Anstiegen (blau/hellblau) bzw. Absenkungen (rot/orange) jeweils in der jüngeren Vergangenheit und in der älteren Vergangenheit ausgewählt.

Die Ergebnisse der GRACE-Auswertung sind über einen großen geographischen Bereich integrierte Werte. Die Mascon-Gitterzelle #398 erstreckt sich über Teile der Niederlande, einen großen Teil Niedersachsens, Schleswig-Holstein und Süddänemark. Die Grundwasserstands-Zeitreihe aus Beobachtungsdaten (vgl. Abb. 2) stellt eine mittlere Entwicklung für Niedersachsen auf Basis von ca. 1510 Grundwassermessstellen dar. Die innerhalb Niedersachsens vorhandenen regionalen Unterschiede können mit dem GRACE-Verfahren nicht aufgelöst werden.

Einordnung der aus den GRACE-Auswertungen abgeleiteten Wasserverluste

Für Gesamtniedersachsen mit einer Fläche von 47.600 km² ergäbe sich unter Anwendung des Näherungswertes von -0,57 cm/a demnach ein Gesamtwasserverlust von 5,43 Mrd. m³ seit 2002 bzw. einem mittleren Verlust von 270 Mio. m³ pro Jahr.

Aus den GRACE-Auswertungen ergeben sich für beispielhaft ausgesuchte Regionen (Tabelle 2) die folgenden Grundwasservorratsänderungen:

Tabelle 2: Hochgerechnete Wasserverluste nach GRACE-Auswertung für verschiedene Regionen

	Fläche (km ²)	Wasserverlust 20 Jahre (ca. Mio m ³)	Wasserverlust pro Jahr (ca. Mio m ³ /a)	Schätzung mittleres Grundwasserdargebot (ca. Mio m ³ /a)	Schätzung %-Anteil Wasserverlust pro Jahr am mittleren Grundwasserdargebot
Niedersachsen	47600	-5.430	-270	6.720 (WVK)	-4%
LK Lüneburg	1328	-150	-7,6	k.A.	k.A.
LK Harburg	1248	-140	-7,1	k.A.	k.A.
GWK -Este Seeve LG	960	-110	-5,5	186 (RdErl.MBw, 2015)	-3%
GWK-Ilmenau LG links	1519	-170	-8,7	274 (RdErl.MBw, 2015)	3%
GWK -Ilmenau LG rechts	1442	-160	-8,2	199 (RdErl.MBw, 2015)	4%

Fazit

1. Die GRACE-Auswertungen bringen keine grundsätzlich neuen Erkenntnisse, sondern bestätigen die großräumigen Entwicklungen, die aus den Beobachtungsdaten des Landesmessnetzes bis auf regionale Ebene ersichtlich sind.
2. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Unsicherheiten und der räumlichen Auflösung ist die aus der GRACE-Auswertung abgeleitete Absenkung der Grundwasservorräte (freie Wassersäule -11 cm) grundsätzlich mit den aus den Standmessungen im landesweiten Mittel festgestellten Grundwasserstandsänderungen im gleichen Zeitraum vergleichbar. Auch die zeitliche Entwicklung wird durch die GRACE-Daten vergleichbar dargestellt.
3. Die Beobachtungsdaten des Landes Niedersachsen von mehr als 1.500 Messstellen legen nahe, dass Wasserverluste und auch Gewinne in Größenordnung der über 20 Jahre aus den GRACE-Daten abgeleiteten Verluste auch in der Vergangenheit und in erheblich kürzeren Zeitspannen stattgefunden haben.

4. Die GRACE-Auswertungen liefern räumliche Aussagen auf großskalierter Ebene, d.h. auf kontinentalem und subkontinentalem Maßstab. Für Aussagen auf regionaler Ebene, zum Beispiel auf Landkreis-Ebene, ist das Verfahren nicht geeignet und auch nicht konzipiert. Aussagen für konkrete Wassernutzungsvorhaben (Wasserrechtsvergabe) lassen sich daher aus den GRACE-Daten nicht ableiten. Differenzierte Aussagen zu regionalen Grundwasserstandsentwicklungen innerhalb Niedersachsens liefert das Landesgrundwassermessnetz.