

Tagungsbeitrag zu: Sitzung der Kommission V der DBG
Tagung: Jahrestagung 2009
Veranstalter DBG 5.-13.9.2009, Bonn
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)
<http://www.dbges.de>

Ermittlung der Grundwasserflurabstände auf Grundlage digitaler Höhenmodelle

Gehrt, E.* & Bock, M.**

1. Zusammenfassung

Da für den Parameter Grundwasserflurabstand keine homogenen, nachvollziehbaren Daten vorliegen, wurde eine Methode zur Modellierung entwickelt. Die Methode beruht im Grundsatz auf dem digitalen Höhenmodell und einem Fließgewässernetz. Die Methode und erste Ergebnisse werden vorgestellt. Bei durchlässigen Gesteinen liefert das Modell plausible Ergebnisse. Für komplexere Verhältnisse (Talauen, undurchlässige Gesteine) sind Modellerweiterungen notwendig.

2. Einleitung

Eine Kartierung der Grundwasserflurabstände (GFA) ist in vielen Fällen nur durch aufwendige Geländekartierung möglich. Diese ist in vertretbarer Zeit und mit überschaubaren Kosten nicht leistbar. Konzeptkarten zum Thema Grundwasserflurabstand werden z. Z. aus Kartierungen zu anderen Zielstellungen (Forstliche Standortkartierung, Bodenschätzung, alte BK25 etc.) hergeleitet. Die Quellenlage und Methoden der Erhebung sind im Regelfall nicht dokumentiert, die Daten sind heterogen, widersprüchlich und müssen z. T. als unsicher gelten. Somit liegen Angaben zum GFA in Niedersachsen nicht in der benötigten räumlichen und inhaltlichen Auflösung vor.

* LBEG, Stilleweg 2, 30655 Hannover

**scilands GmbH, Goetheallee 11, 37073 Göttingen

Aus diesem Grund wurde schon vor Jahren als Grundlage für die BK50 der Grundwasserflurabstand aus der Differenz Grundwasseroberfläche (in m ü. NN aus der Hydrogeologischen Übersichtskarte 1:200.000 von Niedersachsen und der Geländeoberfläche (DGM50 von Niedersachsen) ermittelt (Abb. 1 und Abb. 2).

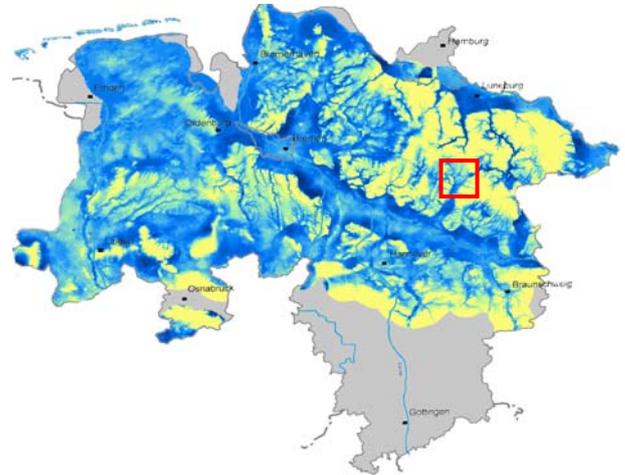


Abb. 1: Modellierte Grundwasserflurabstände (alt) auf Grundlage des DGM50 und der HÜK200 von Niedersachsen Gesamtansicht, Legende in Abb. 2; das Bergland ist ausgeschlossen. rot Ausschnitt Blatt L3126 Munster

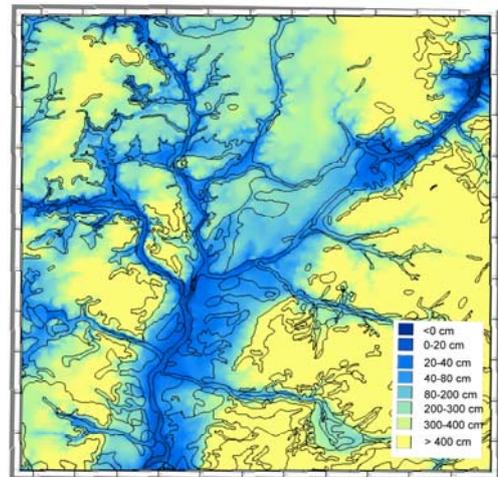


Abb. 2: Modellierte Grundwasserflurabstände (alt) im Testgebiet L3126 Munster: ein Gebiet mit vorwiegend durchlässigen Gesteinen – Grundlage des DGM50 und der HÜK200 von Niedersachsen

Durch das DGM5 von Niedersachsen hat sich die Datenlage für die Abbildung der Geländeoberfläche entscheidend verbessert. Eine entsprechende Datengrundlage für die Grundwasseroberfläche konnte bisher nicht hinterlegt werden.

Vor diesem Hintergrund wurde in den vergangenen 2 Jahren in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und der Fa. *scilands* eine Methode entwi-

ckelt, mit der dieser Parameter an die Qualität des DGM50 angepasst werden kann.

Das im Folgenden vorgestellte Verfahren zur Ableitung des Grundwasserflurabstandes versucht, in kurzer Bearbeitungszeit, plausible Modelldaten zur Verfügung zu stellen. Im Ergebnis soll eine kontinuierliche, räumliche Abbildung des Grundwasserflurabstandes im Raster von 25 m in Zentimeter unter Geländeoberfläche für Lockergesteinsgebiete Niedersachsens erreicht werden. Damit wird die Grundlage für die Bodenkartierung und für Beratungsaufgaben deutlich verbessert. Eine kleinräumige, nicht reliefabhängige Variabilität wird hiermit ebenso wenig erfasst, wie anthropogene Grundwasserabsenkungen (z.B. Landwirtschaft oder Grundwasserentnahme).

3. Modellannahme

Dem Modell liegt folgende Annahme zugrunde: Wo dauerhaft fließendes Wasser an die Oberfläche tritt, stimmt das Höhenniveau der Grundwasseroberfläche mit dem des Fließgewässers überein (Abb. 3). Zwischen den Grundwasseraustritten liegt mit einer zu bestimmenden Überhöhung die Grundwasseroberfläche. Diese ist vorrangig eine Funktion des Sickerwassers und der Leitfähigkeit des Substrates. Die Distanz von der Geländeoberfläche zur Grundwasseroberfläche ist der Grundwasserflurabstand. Modelliert wird der mittlere Grundwasserhochstand. Über die regionalen und substratspezifischen Grundwasseramplituden (GEHRT & RAISSI 2005) wird der mittlere Grundwassertiefstand berechnet.

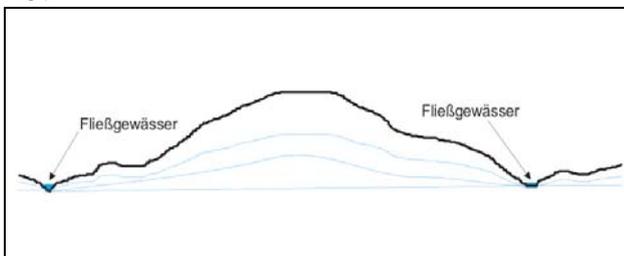


Abb. 3: Modellannahme zu Ableitung des Grundwasserflurabstandes. Die blauen Linien zeigen mögliche Modellannahmen von Grundwasseroberflächen.

Als Modelleingangsgrößen werden folgende Daten benötigt

- Digitales Höhenmodell von Niedersachsen (DGM25) und daraus abgeleitete Parameter

- Fließgewässernetz von Niedersachsen
- Mittlere Tidehochwasserlinie (MTHW)
- Moorverbreitung auf Grundlage der GK50 von Niedersachsen
- Barrieregesteine auf Grundlage der GK50 von Niedersachsen
- Festgesteine auf Grundlage der GK50 von Niedersachsen (Ausschlussgebiet)
- Klimadaten im Raster von 250 m
- Grundwasseramplituden in verschiedenen Bodenlandschaften Niedersachsens (GEHRT & RAISSI 2005)

4. Methodenbeschreibung

Die open source GIS Software SAGA (<http://www.saga-gis.org>) bietet zahlreiche freie Module für die Verarbeitung digitaler Geländemodelle an. Die dort generierbaren Reliefparameter sowie zahlreiche weitere, die nicht in freien SAGA-Modulen zur Verfügung stehen, wurden auf ihre Tauglichkeit für das entwickelte Modell getestet. Der Parameter „Höhe über Tiefenlinie“ brachte im Regressionsmodell mit den Grundwassermessstellen bei weitem die höchsten Korrelationskoeffizienten. Dieser Parameter ist für die flächige Regionalisierung so dominant, dass hier zunächst eine genauere Beschreibung der Funktionsweise gegeben werden soll. Das Modul „Höhe über Tiefenlinie“ ist in der Modulbibliothek Terrain Analysis - Channels in SAGA zu finden. Es berechnet einen Rasterdatensatz, der für jede Rasterzelle einen Wert für den Vertikalabstand über dem Tiefenlinienniveau enthält. Dieser Parameter wird häufig in Geomorphographischen Karten zur Differenzierung größerer Reliefeinheiten wie z.B. Senkenbereichen verwendet. Aber auch bei der geostatistischen Schätzung von Bodenparametern hat sich „Höhe über Tiefenlinie“ als erklärende Variable bewährt. Das SAGA-Modul zur Berechnung benötigt als Eingangsdaten ein DGM und einen Rasterdatensatz, der Tiefenlinienpositionen enthält. Anstatt dieses theoretischen Tiefenliniennetzes werden in der vorliegenden Studie dem Modul allgemein Positionen von Grundwasseraustritten an die Geländeoberfläche übergeben, also das bear-

beitete Fließgewässernetz, Grenzen von Moorflächen und andere wie z.B die Mittlere Tidehochwasserlinie (MTHW). Dass es sich hierbei nun keineswegs mehr um ein Netz von Linien handelt, tut der folgenden Berechnung keinen Abbruch.

Der im SAGA implementierte Algorithmus ist ein Interpolationsverfahren, das in mehreren Schritten - die Anzahl der Schritte ist dabei von der Größe des verwendeten Rasterdatensystems abhängig - eine iterative Verdichtung von Werten vornimmt. Interpoliert wird zwischen den Positionen von Tiefenlinienrasterzellen bis alle Rasterzellen, die zwischen Tiefenlinienpositionen liegen, mit Werten versehen sind.

Den Tiefenlinienrasterzellen werden die z-Werte des DGM an diesen Positionen zugewiesen. Das Ergebnis ist ein Flächendatensatz, der eine theoretische Oberfläche zwischen den Tiefenlinienpositionen darstellt, dem sogenannten ‚base level‘. Dabei ist der Verarbeitungsschritt, der das Verfahren zu einem typischen Reliefanalyseverfahren bestimmt und von reinen Interpolationsroutinen abhebt, der, der verhindert, dass die Werte des berechneten Datensatzes über die Werte des DGM hinaus interpoliert werden können. Diese Funktion kann wahlweise vom Benutzer an- oder abgeschaltet werden. Im weiteren Algorithmus sind keine relief- oder abflussorientierte Verfahren mehr implementiert.

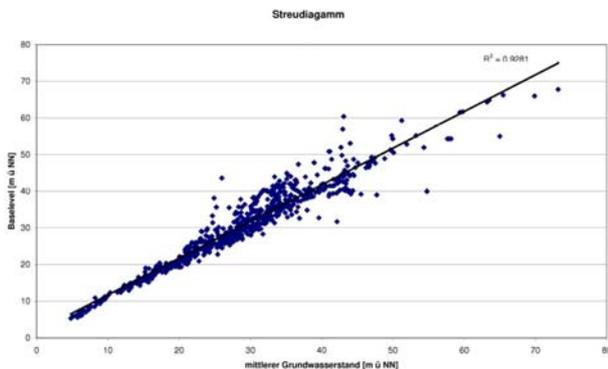


Abbildung 4: Streudiagramm und Regressionsgerade für den mittleren Grundwasserstand im Testgebiet "Dammer Berge"

In den meisten Fällen wird der ‚base level‘ vom Benutzer nicht benötigt, und, da es optional ausgegeben werden kann, oft gar nicht als Output vom Modul generiert. Für die hier vorgestellte Abschätzung des

Grundwasserflurabstandes ist allerdings der ‚base level‘ wesentlich. Allein mit diesem Parameter kann, wie noch gezeigt wird (Tab. 1), in einem nachfolgenden Regressionsmodell mit Punktdaten meist über 90% der Verteilung der Messwerte erklärt werden (vgl. Abb. 4).

Tabelle 1: Statistische Kennwerte der linearen Regressionsanalyse für den mittleren Grundwasserstand in den Testgebieten

	Anzahl Messwerte	Bestimmtheitsmaß R ² [%]	Regressionskonstante	Regressionskoeffizient
Testgebiet „Dammer Berge“	788	92.8	0.52	0.93
Testgebiet „Achim/Rotenburg“	52	94.6	0.27	0.97

Für das Regressionsmodell zur Modellierung der Tiefenlage von grundwasserbürtigen Bodenmerkmalen wurde das ebenfalls freie SAGA-Modul „Regression Analysis (Grids/Points)“ aus der Modulbibliothek Geostatistics - Grids benutzt. Der Quelltext wurde von CONRAD (2004) geschrieben. Eine schrittweise multiple Regressionsanalyse mit zahlreichen Reliefparametern lieferte für den Reliefparameter ‚base level‘ so gute Ergebnisse, dass entschieden wurde, für die Vorhersage der Tiefenlage der Grundwassermerkmale eine Lineare Einfachregression durchzuführen. Eine anschließende Analyse der Residuen mittels Variographie ergab, dass zwar eine räumlichen Autokorrelation festzustellen war, somit eine Residueninterpolation mit einem geostatistischen Schätzverfahren und eine anschließende Residuenbereinigung berechtigt schien. Die subjektive Plausibilität der Ergebnisse wurde durch diesen Schritt jedoch nicht verbessert, so dass auf die Residuenbereinigung zunächst verzichtet wurde.

Die Ergebnisse der Modellberechnung des Grundwasserflurabstandes zeigen bei durchlässigen Gesteinen (Abb. 5) sehr gute Übereinstimmungen mit anderen Unterlagen (Bodenschätzung, Forstliche Standortskartierung, Grundwassergleichenkarten). Die räumliche Auflösung ist in Abhängigkeit vom Geländemodell hoch bis sehr hoch. Eine Validierung mittels Bohrdaten ist auch mit sehr genau eingemessenen Lagepunkten problematisch, da die durch

Kartierung ermittelten Grundwasserstände die realen Grundwasserstände erfassen. Diese sind häufig durch nutzungsspezifische Meliorationsmaßnahmen (Grabenentwässerung, Drainage etc.) und /oder bspw. Absenkungen zur Trinkwassergewinnung verändert.

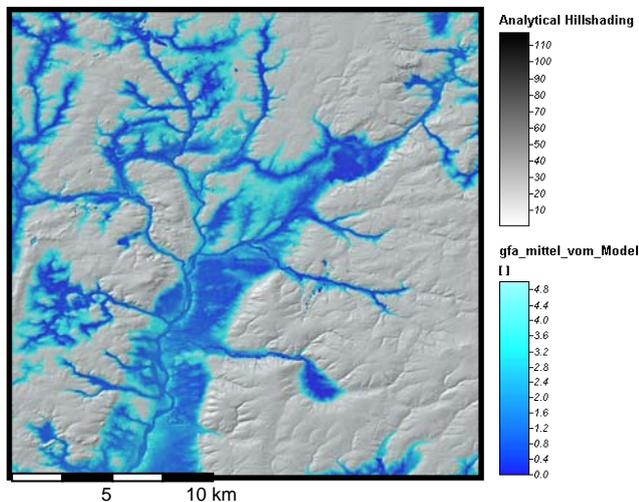


Abb. 5: Modellerte Grundwasserflurabstände im Testgebiet L3126 Munster – ein Gebiet mit vorwiegend durchlässigen Gesteinen. Grundlage DGM5 und modellierte Grundwasseroberfläche

5. Modellerweiterung

Wie die ersten Ergebnisse zeigen, gelten die Auswertungen nicht in allen Gebieten gleichermaßen. Die Grundwasserstände in großen Flussauen haben durch die laterale Wasserzufuhr eine kurze Phase des Grundwasserhochstandes und eine größere Amplitude. Hier ist eine getrennte Berechnung in den größeren, mittleren und kleinen Tälern der Flüsse notwendig. Daraus ergibt sich die Frage der Abgrenzung dieser Areale. Bei den Küstensedimenten sind die Tidewasserstände und eine starke anthropogene Beeinflussung zu berücksichtigen. Bei oberflächennah anstehenden Barrieregesteine ist sowohl das Grundwasser unter wie auch über dem dichten Gestein zu berücksichtigen. Für Festgesteine mit Kluftgrundwasser kann das Modell nicht greifen. Diese Gebiete werden ausgeklammert.

Um diese verschiedenen Einflussgrößen zu berücksichtigen, sind die GFA in Teilräumen mit entsprechend modifizierten Parametereinstellungen zu modellieren.

6. Literatur

Böhner, J. & Köthe, R. (2003): Bodenregionalisierung und Prozessmodellierung: Instrumente für den Bodenschutz. – Petermanns Geographische Mitteilungen 147(3): 72-82.

Conrad, O. (2002): ChannelNetwork_Altitude.cpp, <http://sourceforge.net/saga-gis>: 24.05.2008.

Conrad, O. (2004): GSGrid_Regression.cpp, <http://sourceforge.net/saga-gis>: 24.05.2008.

Conrad, O. (2007): SAGA – Entwurf, Funktionsumfang und Anwendung eines Systems für Automatisierte Geowissenschaftliche Analysen. – Göttingen.

Gehrt & Raissi (2001): Grundwasseramplituden in Bodenlandschaften Niedersachsens Geofakten 20, http://www.lbeg.de/boden/downloads/geofakten_20.pdf

Köthe, R. & Bock, M. (2006): Development and use in practice of SAGA modules for high quality analysis of geodata. – In: Böhner, J, Mccloy, K.R. & Strobl, J. [Eds]: SAGA-Analysis and Modelling Applications. (=Göttinger Geographische Abhandlungen 115): 85-96, Göttingen.