



Geofakten 5

■ Boden

Bodenkundliche Ermittlungen von Grundwasserabsenkungen im Gelände

– Erfassung und Abschätzung der anteiligen Grundwasserabsenkungsbeträge durch Grundwasserentnahme und Entwässerungsmaßnahmen –

3. Auflage

Raissi, F. & Müller, U.

September 2009

Die Auswirkungen von Grundwasserentnahmen sowie Kulturbaumaßnahmen auf den Bodenwasserhaushalt und auf die Bodennutzung sollten durch ein geeignetes Feldmethodeverfahren ermittelt werden. Hier wird eine Feldmethode als Handreichung für den Bodenkartierer aufgezeigt, durch die Grundwasserabsenkungen durch Eingriffe mehrerer Verursacher anteilig abgeschätzt werden können.

Grundwasserentnahme, Kulturbaumaßnahmen, Grundwasserabsenkungen, Feldmethode, Ermittlung der anteiligen Grundwasserabsenkungsbeträge, Ertragsdepression.

1. Allgemeines

In den 60er und 70er Jahren wurden Entwässerungs- und Flurbereinigungsmaßnahmen mit der Absicht forciert, den Anteil an ackerfähigen Flächen zu erhöhen. Im gleichen Zeitraum wurden oft die gleichen Gebiete für die Grundwassererschließung erkundet und Wasserentnahme betrieben. Als Folge von Grundwasserentnahmen können Grundwasserabsenkungen mit Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt auftreten, die Beweissicherungsmaßnahmen mit hohen Kosten nach sich ziehen. Die Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen sind in der Literatur vielfach beschrieben (vgl. MULL 1987; RINGER 1986; MÜLLER & RAISSI 2002; DVWK 1986; JOSOPAIT, RAISSI & ECKL 2009).

Aufgrund der oft unzureichenden bodenkundlichen Datenbasis stellt sich die Frage, wie eine praktikable Feldmethode entwickelt und angewendet werden kann, um anteilige Grundwasserabsenkungen durch mehrere Verursacher abzuschätzen bzw. Veränderungen des Bodenwasserhaushalts zu quantifizieren (RAISSI & SPONAGEL 1987).

2. Bodenkundliche Datenerfassung

Für den Grundwasserabsenkungsbereich sowie Referenzgebiete (außerhalb desselben) sollten nach hydrogeologischer Abgrenzung folgende Aussagen als Grundlage erarbeitet und in einem Gutachten dargestellt werden (vgl. MÜLLER & RAISSI 2002; JOSOPAIT, RAISSI & ECKL 2009, ECKL & RAISSI 2009):

- B1. Flächenhafte Verbreitung** der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Böden nach Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005), dabei Einbeziehung bereits vorliegender Ergebnisse (Bodenschätzung, Landbaupläne, Geologie, Forstkarten, Historische Karten etc.).
- B2. Kennzeichnung des derzeitigen und früheren Wasserhaushaltes** der erfassten Böden (nutzbare Feldkapazität, kapillarer Aufstieg von Grundwasser, erforderliche Grundwasserstände, Durchwurzelungstiefe/Schöpftiefe nach LEHNARDT & BRECHTEL (1980) und RAISSI, MÜLLER & MEESENBURG (2009)), s. Abb. 1.
- B3. Klimadaten:** Niederschläge; bei der Verdunstungsberechnung ist die Gras-Referenzverdunstung nach ATV-DVWK (2002) zu verwenden.
- B4. Bodenkundliche Abschätzung der Grundwasserabsenkung**, verursacht durch **Wasserentnahme** oder **Entwässerung**.
- B5. Beurteilung der Auswirkungen** der entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen hin-

sichtlich der Wasserversorgung der Vegetation (Forst, Acker, Grünland und Biotope).

B6. Kennzeichnung von **Standorten, die nicht bzw. die durch Grundwasserentnahme beeinträchtigt** werden können.

B7. Prognose der **Empfindlichkeit von Standorten/Bodennutzungen** hinsichtlich potenzieller Grundwasserabsenkung.

B8. Vorschläge für erforderliche **Beweissicherungsmaßnahmen**, dabei Hinweise auf Standorte für die Durchführung der Beweissicherung mit **Ertrags- und Grundwasserstandsmessungen**, oder pauschal Ausgleich durch Ermittlungen des Auswirkungsgrades (Durchführungsplan).

B9. Gegebenenfalls Festlegung von **Beweis- und Vergleichsflächen** sowie Festlegung der Standorte für die Einrichtung flacher **Grundwassermessstellen**.

Erforderliche Angaben für die land- und forstwirtschaftliche Beweissicherung

1	2	3
Bodeneinheit	Horizontierung und Schichtenfolge bis 20 dm Tiefe (Landwirtschaft) bzw. bis 40 dm Tiefe (Forstwirtschaft)	Effektive Durchwurzelungstiefe (We), max. Wurzeltiefen (F)
	[dm]	[dm]

4	5	6
Nutzbare Feldkapazität (nFK), bezogen auf We	max. kapillare Aufstiegshöhe aus dem Grundwasser	Grenzflurabstand (A, G) Schöpftiefe (F)
[mm]	[dm]	[dm]

7	8	9
Mittlere Grundwassertiefstände (MNGW), aktuell und früher	Grundwasseranschluss der Bodennutzung	Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationszeit, Angabe für Normal- und Trockenjahre
[dm]	ja / nein	[mm]

10	11	12
Bedarf an kapillar aufsteigendem Grundwasser	Pflanzenverfügbares Bodenwasser vor der Entnahme (Wpfl)	Pflanzenverfügbares Bodenwasser nach der Entnahme (Δ Wpfl)
ja / nein	[mm]	[mm]

13	14	15
Möglichkeit der Ertragsbeeinträchtigung von Land- und Forstwirtschaft:	Erfordernis land- und forstwirtschaftlicher Beweissicherung:	Vermutlicher Verursacher der GW-Absenkungen:
ja / nein	ja / nein	I = Wasserwerk II = Entwässerung

3. Bodenwasserhaushalt und mögliche Beeinträchtigung durch Grundwasserabsenkung

Die erforderlichen Angaben zum Bodenwasserhaushalt und notwendige Aussagen über mögliche Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Abbildung enthält in Kurzfassung Aussagen über den Wasserhaushalt der Böden, Prognosen über die Möglichkeit der Beeinträchtigung des Pflanzenertrages und Angaben über die Notwendigkeit weiterer Beweissicherungsmaßnahmen.

3.1 Ermittlung der langfristig wirksamen Grundwasserabsenkungsbeträge

Bei „ungestörten“ Grundwasserböden müssen Boden- und Horizontmerkmale wie Rostflecken (Go-Horizont) oder Reduktionsfarben (Gr-Horizont) und die angetroffenen Grundwasserstände (witterungsbereinigt) miteinander korrespondieren und dürfen die natürliche Schwankungsbreite nicht überschreiten.

In Grundwasserabsenkungsgebieten mit einem Grundwasserstockwerk, in denen Eingriffe in den Bodenwasserhaushalt seit 10–15 Jahren erfolgt sind, wird beobachtet, dass sich die grundwasserzeichnenden Horizonte Go/Gr durch die Grundwasserabsenkung verschieben. Ehemalige Merkmale (Eisen- und Manganflecken) des Go-Horizontes (Oxidationshorizont) sind durch die eintretende Belüftung im ehemaligen Gr-Horizont (Reduktionshorizont) zu finden. Durch Beschreibung dieser für grundwasserbeeinflusste Böden typischen Merkmale am Bodenprofil im Gelände lässt sich die Grundwasserabsenkung abschätzen.

Darüber hinaus lassen sich auch die entnahmebedingten GW-Absenkungsbeträge durch jährliche Veränderungen der GW-Entnahmemenge gegenüber dem natürlichen Zustand durch einen Vergleich vor und nach dem GW-Eingriff im Bohrgut (Verhältnis zwischen angetroffenem GW-Stand zur

Abb. 1: Notwendige Aussagen zum Bodenwasserhaushalt in Wassergewinnungsgebieten.

Zeit der Bodenaufnahme zu den Go/Gr-Merkmalen) feststellen.

3.1.1 Vorgehensweise

1. Auffinden des aktuellen, nicht abgesenkten Grundwasserstandes im Boden:

An vergleichbaren Bodenprofilen außerhalb des Absenkungsgebietes (Referenzgebiet) muss die aktuelle Tiefenlage des Go-Horizontes bzw. der Beginn des Gr-Horizontes festgestellt werden. Dies muss für alle im Absenkungsgebiet vorhandenen Bodentypen mit relevantem Grundwassereinfluss geschehen.

2. Auffinden des aktuellen abgesenkten Grundwasserstandes im Boden:

An den relevanten Bodenprofilen innerhalb des Absenkungsgebietes muss die Untergrenze des jetzigen Go-Horizontes bzw. die Obergrenze des Gr-Horizontes (z. B. durch angetroffenes Wasser im Bohrgut) festgestellt werden.

3. Ermittlung der Absenkung:

Durch Vergleich der ehemaligen Go-Horizonte (z. B. in den Referenzgebieten) bzw. durch Identifizierung der ehemaligen Go-Horizonte am abgesenkten Profil kann die Absenkung (in dm) errechnet werden (s. Abb. 2).

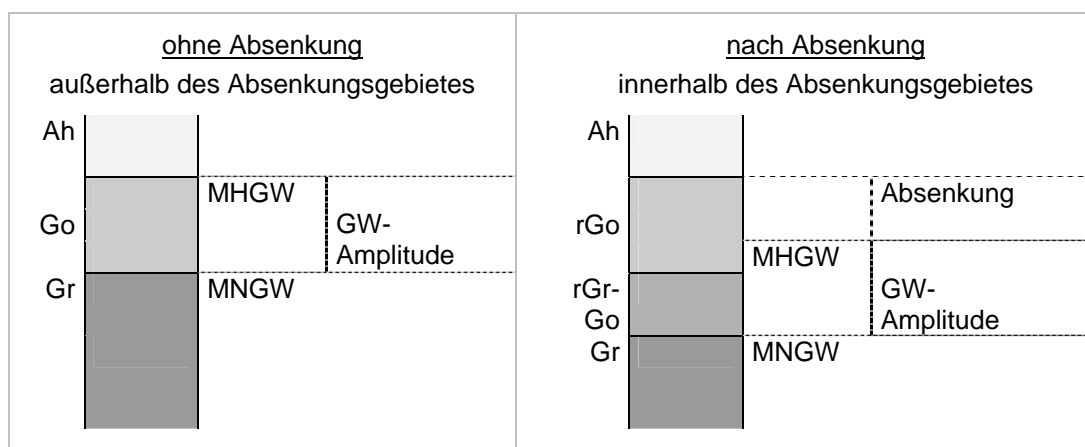


Abb. 2: Schematische Darstellung eines intakten und eines reliktschen Gleybodens.

3.1.2 Hinweise

- a) Bei eigener Bodenkartierung lässt sich neben dem Bodentyp auch der Grundwasserstand im Bohrloch bzw. im Bohrgut zur Zeit der Bodenaufnahme feststellen. Dieser Grundwasserstand muss zur aktuellen Witterung durch Vergleich mit einem unbeeinflussten GW-Messpegel (Referenzgebiet) in Beziehung gesetzt werden. Hierdurch kann festgestellt werden, ob es sich im Augenblick der Kartierung um einen Grundwasserhochstand (MHGW) oder um mittlere (MMGW) oder tiefe Grundwasserstände (MNGW) handelt.
- b) In der nordwestdeutschen Tiefebene werden bei sandigen Bodensubstraten oft Grundwasseramplituden von ca. 7–8 dm beobachtet.

Die Erkenntnisse über die GW-Amplitude in anderen Gebieten mit ähnlichen Gegebenheiten ohne Grundwasserabsenkungen und Einholen von Grundwasserstandsmessungen des Gewässerkundlichen Landesdienstes können

als Hilfsmittel für die Einschätzung der aktuellen Go-Oberkante hilfreich sein.

- c) Die Erfassung der Eisen- und Manganfleckung/Ausfällung in den grundwasserbeeinflussten Go- und Gr-Horizonten im Gelände ist von herausragender Bedeutung.

3.2 Ermittlungen der anteiligen Grundwasserabsenkungsbeträge durch Grundwasserentnahme und Entwässerungsmaßnahmen

Aufgrund der bodenkundlichen Bestandsaufnahme kann das Untersuchungsgebiet je nach Anzahl der Verursacher von Grundwasserabsenkungen in drei und mehr Zonen eingeteilt werden (Abb. 3).

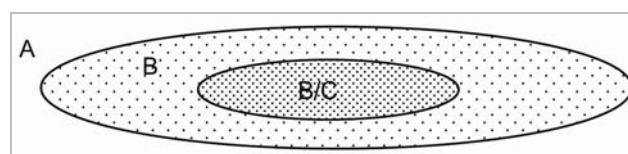


Abb. 3: Zonierung des Untersuchungsgebiets.

- A: Gebiete ohne GW-Absenkung mit natürlichen Grundwasserverhältnissen (Fläche A),
- B: Gebiete mit abgesenktem Grundwasser durch Entwässerungsmaßnahmen oder Bodennassabbau (Fläche B),
- C: Gebiete mit abgesenktem Grundwasser durch Grundwasserentnahme, z. B. durch Wasserwerke, durch Entwässerung oder Nassabbau (Fläche B/C).

Im Bereich der Zone B/C kann eine Ermittlung anteiliger Grundwasserabsenkungsbeträge erfolgen.

Voraussetzung für die Ermittlung der einzelnen Anteile ist, dass die Eingriffe in den Bodenwasserhaushalt separat untersucht werden.

3.3 Ermittlung der Absenkungsbeträge durch Entwässerungsmaßnahmen im Gelände

Die Voruntersuchung erfolgt zunächst in der Zone B (s. Abb. 3).

Zur Abschätzung des Einflusses der Vorfluter und des Nassabbaus auf den Grundwasserstand stehen zwei praktikable Ansätze zur Verfügung. Beide Verfahren sollten zur Absicherung der Ergebnisse durchgeführt werden.

3.3.1 Feldmethode

Durch Bohrungen werden die Grundwasserabsenkungen im Bohrgut anhand von Merkmalen (Wasserstand, Eisenfleckung) erfasst. Diese Bohrungen werden senkrecht zu den Gräben in regelmäßigen Abständen bis ca. 2 m Tiefe abgeteuft. Gemäß Abbildung 4 werden die jeweiligen Entwässerungsanteile abgeschätzt.

Es konnte z. B. für Sande ermittelt werden, dass bei einer Grabentiefe von ca. 20 dm in sandigen Bodensubstraten beidseitig der Vorfluter jeweils bis zu einem Abstand von 10 m eine mittlere Grundwasserabsenkung von 7–10 dm festgestellt werden kann. In einer Entfernung von 10–30 m zum Graben beträgt die Grundwasserabsenkung 4–6 dm, bei 30–75 m Entfernung vom Graben jeweils 3–5 dm, bei 75–120 m 4–1 dm und bei 120–200 m Entfernung nur noch 2–0 dm Grundwasserabsenkungen (s. Abb. 4 und RAISSI & SPONAGEL 1987).

Größere Absenkungen können auf Wasserentnahmen z. B. durch Wasserwerke zurückgeführt werden.

Die Hauptuntersuchungen erfolgen in der Zone B/C.

Erst bei einer genauen Feldkartierung (s. Zone B) der Grabenrandstreifen und durch Vergleich der ermittelten Absenkungsbeträge mit berechneten bzw. abgeschätzten Werten der Entwässerungswirkung ist eine Differenzierung der Grundwasserabsenkungen durch Grundwasserentnahmen bzw. durch Entwässerungsmaßnahmen möglich.

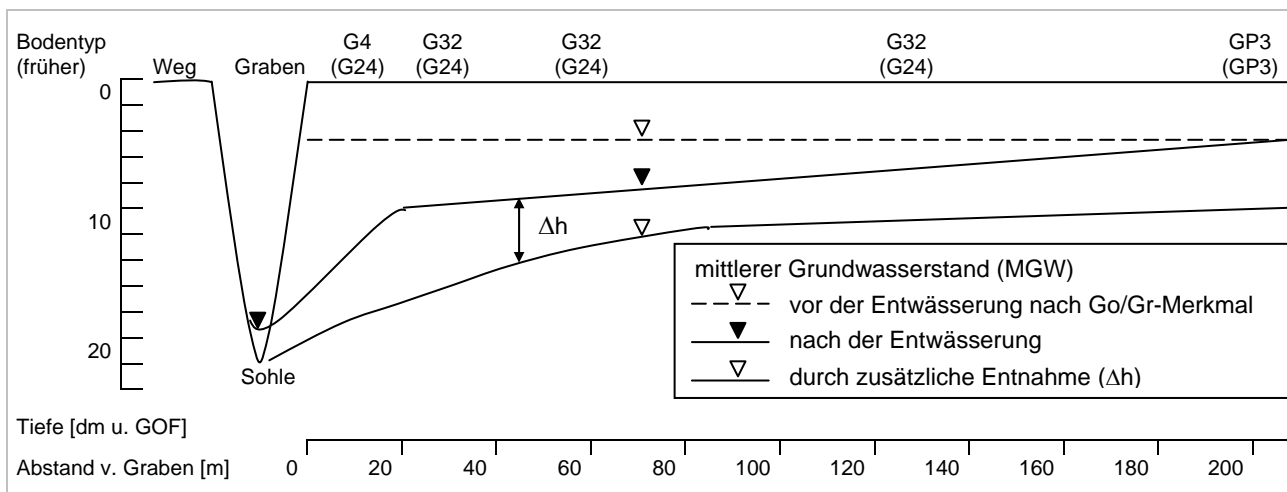


Abb. 4: Einfluss des Grabenausbaus auf den Bodenwasserhaushalt (schematische Darstellung, Überhöhung 20 : 1).

3.3.2 Empirische Methode

Bei den Nassabbau- und Entwässerungsbaumaßnahmen (Vorfluterausbau, Dränung) kann die Reichweite der Grundwasserabsenkung bzw. Aufhöhung in der ungesättigten Zone nach der empirischen Formel von EGGELSMANN (1977; 1981a, b) und KUNZE & EGGELSMANN (1981) berechnet werden. Diese Formel gilt für Bereiche mit einer mittleren Jahresniederschlagsmenge von ~ 750 mm und einer Grabentiefe von ca. 0,7–1,5 m.

$$L = 200 * h * kf$$

- L = Einfluss- und Reichweite der Gräben, Breite der Schutzzone [m]
- h = geplante Ausbautiefe/Wassertiefe im Graben/Grabentiefe (Sohle) [m]
- kf = Wasserdurchlässigkeit im wassergesättigten Boden [m/d]

Es sind folgende Daten erforderlich, um die Reichweite der Grundwassereränderungen nach o. g. Formel zu berechnen:

- Bodenart, Lagerungsdichte, Wasserdurchlässigkeit nach DIN 4220 bzw. AD-HOC-AG BODEN (1994, 2005),
- Grabentiefe, Bodenabbautiefe bzw. Sohle [m]; Landbaupläne über Wasser- und Bodenverbände erhältlich.

Grundlage für die Berechnung ist der kf-Wert nach DIN 4220 bzw. Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA 5, AD-HOC-AG BODEN 2005). Im Gegensatz dazu steht der kf-Wert der Hydrogeologie (Gebirgsdurchlässigkeit), der aus Pumpversuchen gewonnen wird. Dieser Wert ist für die Berechnung der Reichweite der GW-Absenkung durch Entwässerung ungeeignet. Ermittlungen von Grundwassereränderungen durch Bodennassabbau nach der Formel von EGGELSMANN zeigen deshalb gegenüber hydrogeologischen Abschätzungen z. T. andere Reichweiten. Deshalb wird empfohlen, die Reichweiten der Grundwassereränderungen mit einer Spanne von ± 2 dm anzuwenden. Zur Beweissicherung kann nur der Bereich innerhalb der effektiven Reichweite der Grundwassereränderungen mittels Grundwassermessstellen bzw. Ertragsermittlungen herangezogen werden.

Nach der Formel von EGGELSMANN ergibt sich z. B. bei 22 dm Grabentiefe und einem kf-Wert von 60 cm/Tag für Sand eine maximale Einflussweite von ca. 260 m.

Der empirische Ansatz von EGGELSMANN hat eine gute Übereinstimmung mit der Feldmethode (s. Kap. 3.3.1) ergeben.

Die Feldmethode ist insofern von Vorteil, als dass der Bodenkartierer sofort seine Rückschlüsse ziehen und entsprechende bodenkundliche Abgrenzungen auf dem Feldblatt oder der Konzeptkarte vornehmen kann.

Zur Klärung von Entschädigungs- und Beweissicherungsfragen ist es angebracht, Einflussweiten durch tiefe Gräben bis zu ca. 200 m von dem Beweissicherungsverfahren auszuschließen.

In der Regel ist ein deutlicher Einfluss der Grabenentwässerung auf den Grundwasserstand in den Böden bis ca. 100–200 m zu erwarten. Um die Grenze des Einflusses festzustellen, ist deshalb diesem Bereich besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Literatur

AD-HOC-AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S.; Hannover.

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S.; Hannover.

ATV-DVWK - DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Merkblatt **M 504** (GFA, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, Anhang D1); Hennef.

DIN 4220 (2008): Bodenkundliche Standortbeurteilung – Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten. – Berlin (Beuth).

DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1986): Beweissicherung bei Eingriffen in den Bodenwasserhaushalt von Vegetationsstandorten. – Merkblatt **208**, 24 S.; Hamburg (Parey).

ECKL, H. & RAISSI, F. (2009): Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen. – GeoBerichte **15**: 99 S., 39 Abb., 10 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).

EGGELSMANN, R. (1977): Bodenhydrologie und Moorschutz. – Mitt. dt. Bodenkd. Ges. **25**: 705–708; Göttingen.

EGGELSMANN, R. (1981a): Anmerkungen zur Berechnungsmethode der Breite hydrologischer

- Schutzzonen im Moor. – TELMA **12**: 183–187; Hannover.
- EGGELSMANN, R. (1981b): Dränanleitung für Landbau, Ingenieurbau und Landschaftsbau. – 2. Aufl.; Hamburg (Parey).
- HAUDE, W. (1955): Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. – Mitt. dt. Wetterdienst **2 (11)**: 1–24; Bad Kissingen.
- JOSOPAIT, V., RAISSI, F. & ECKL, H. (2009): Hydrogeologische und bodenkundliche Anforderungen an Wasserrechtsanträge zur Grundwasserentnahme. – 4. Aufl., Geofakten **1**: 7 S., 4 Abb.; Hannover (LBEG).
- KUNZE, H. & EGGELSMANN, R. (1981): Zur Schutzfähigkeit nordwestdeutscher Moore. – TELMA **11**: 197–212; Hannover.
- LEHNARDT, F. & BRECHTEL, H.-M. (1980): Durchwurzelungs- und Schöpftiefen von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen bei unterschiedlichen Standortverhältnissen. Teil I – Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **6/7**; Frankfurt.
- MULL, R. (Hrsg.) (1987): Anthropogene Einflüsse auf den Bodenwasserhaushalt. – 110 S.; Weinheim (VCH).
- MÜLLER, U. (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – 7. erweiterte und ergänzte Auflage, Arb.-H. Boden **2004/2**: 409 S., 3 Abb., 405 Tab.; Hannover (NLfB).
- MÜLLER, U. & RAISSI, F. (2002): Arbeitshilfe für bodenkundliche Stellungnahmen und Gutachten im Rahmen der Grundwassernutzung. – mit Beiträgen von HÖPER, H., SCHÄFER, W. & KUES, J., Arb.-H. Boden **2002/2**: 49 S., 10 Abb., 13 Tab.; Hannover (NLfB).
- RAISSI, F., MÜLLER, U. & MEESENBURG, H. (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. – 3. Aufl., Geofakten **9**: 7 S., 1 Abb., 8 Tab.; Hannover (LBEG).
- RAISSI, F. & SPONAGEL, H. (1987): Abschätzung der anteiligen Grundwasserabsenkungen und Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt durch Entwässerungsmaßnahmen im Rahmen der Flurbereinigung und Grundwasserentnahme durch Wasserwerke. – Mitt. dt. Bodenkd. Ges. **55/II**: 937–942.
- RENGER, M. (1986): Wasserverbrauch und Pflanzenertrag. – Kali-Briefe (Büntehof) **18 (2)**: 85–92; Hannover.

Impressum:

Die Geofakten werden vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) herausgegeben und erscheinen unregelmäßig bei Bedarf. Der Bezug beim LBEG ist kostenlos.

Die bisher erschienenen Geofakten können unter <http://www.lbeg.niedersachsen.de> abgerufen werden.

© LBEG Hannover 2009

Nachdruck nur gegen Belegexemplar an:

Redaktion Geofakten
Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie
Postfach 510153, 30631 Hannover
Tel.: 0511/ 643 3588

Version: 16.09.2009

Die erste Auflage dieses Textes ist 2000 im damaligen Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung erschienen.

Autoren

- Dr. Farhad Raissi, Tel.: 0511/ 643 3581
mail: Farhad.Raissi@lbeg.niedersachsen.de
 - Dr. Udo Müller, Tel.: 0511/ 643 3594
mail: Udo.Mueller@lbeg.niedersachsen.de
- Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie
Stilleweg 2, 30655 Hannover
Internet: <http://www.lbeg.niedersachsen.de>