



Geofakten 20

■ Boden, Wasser

Grundwasseramplituden in Bodenlandschaften Niedersachsens

2. Auflage

Gehrt, E. & Raissi, F.

Juli 2008

Zur Absicherung der Angaben in den Generallegenden der Bodenkarten und der Kennwerttabellen in der Methodendatenbank wurden Bodenmerkmale aus der Profildatenbank des NIBIS® in Bezug auf die Grundwasseramplituden ausgewertet. In Abweichung von den heutigen Kennwerttabellen, die von konstanten Grundwasseramplituden ausgehen, zeigt die Auswertung bei einigen Bodenlandschaften und Bodensubstraten charakteristische Abweichungen. Die Ergebnisse werden zukünftig als Basis für die Grundwasserangaben in der Bodenkarte 1 : 50 000 von Niedersachsen (BK 50) und für die Auswertung des Bodenwasserhaushalts im Rahmen der Beweissicherungsverfahren angewendet.

Profildatenbank des NIBIS®, Auswertung, Bodensubstrat, Bodenlandschaften, Grundwasseramplituden, Ermittlung der MHGW, MGW und MNGW, Niedersachsen.

1. Einleitung

Grundwasser ist das Jahr hindurch ständig vorhandenes, alle Poren füllendes Bodenwasser (oberflächennahes Grundwasser), das – nicht an die Bodenmatrix gebunden – nur der Schwerkraft unterworfen ist und sich durch Gefälle oder unterschiedliche Druckpotenziale bewegen kann (AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005).

Die Ermittlung und Abschätzung der Grundwasseramplitude als Eingangsparameter gilt als unerlässlicher Kennwert für die Beurteilung und Bewertung des Bodenwasserhaushalts (z. B. als Vergleichs- und Kenngröße zur mittleren **Kapillaren Aufstiegshöhe (KA)**, der mittleren **Kapillaren Aufstiegsrate (KR)**, des **Grenzflurabstands** (Tiefenlage der Grundwasseroberfläche, $GFAb = We + KA$ bei einer KR von 0,3 mm/d) und des **mittleren Grundwasserhoch- und -niedrigstandes (MHGW, MGW und MNGW)**.

In den bodenkundlichen Regelwerken (z. B. AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005) werden die Grundwasserstände zu Grundwasserstufen (GWS 1–6) klassifiziert. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Grundwasseramplituden im Boden (bis 2 m Tiefe) mit zunehmendem Grundwasserflurabstand ansteigen (Abb. 1). Da die Grundwasseramplitude bei GWS 6 aus der Tabelle nach AD-HOC-AG BODEN (1994, 2005) nicht ableitbar ist, wird in Abb. 1 die Grundwasseramplitude bei GWS 6 nicht dargestellt.

Ab GWS 4 kann angenommen werden, dass die Grundwasseramplituden im Mittel um 10 dm schwanken. Die in Abbildung 1 angegebenen Werte ergeben sich rechnerisch aus den Minimal-, Mittel- und Maximalwerten der angegebenen Grundwasserstufen (Klassen) nach AD-HOC-AG BODEN (1994, 2005).

Aufgrund von vielfachen Bodenkartierungen in verschiedenen Bodenlandschaften Niedersachsens ist feststellbar, dass das Grundwasser zum Teil deutlich größere Schwankungen aufweist, als bisher angenommen. Dieser Sachverhalt wurde durch eine systematische Auswertung der Profildatenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®) landesweit aufgearbeitet. Die Ergebnisse werden als Grundlage für die Grundwasserangaben in der Bodenkarte i. M. 1 : 50 000 (BK 50) von Niedersachsen sowie für die Auswertung des Bodenwasserhaushalts im Rahmen der Beweissicherungsverfahren verwendet.

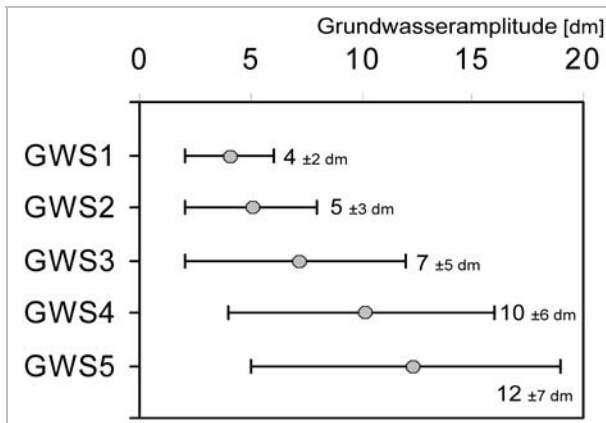


Abb. 1: Beziehung der Grundwasserstufen (GWS 1–5) zu den Grundwasseramplituden und die möglichen Abweichungen (in Anlehnung an AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005).

2. Ermittlung der bodenrelevanten Grundwasseramplituden

Die Grundwasseramplitude wird aus der Differenz zwischen dem mittleren Grundwasserhochstand (MHGW) und dem mittlerem Grundwassertiefstand (MNGW) in einem längeren Beobachtungszeitraum abgeleitet (vgl. RAISSI et al. 2008).

Grundlage der Auswertungen sind 7 653 Bodenprofile aus der Profildatenbank des NIBIS®. Darüber hinaus wurden diese Daten mit vorliegenden Detailuntersuchungen abglichen.

Die bei der bodenkundlichen Kartierung zu erkennenden Obergrenzen von Go- und Gr-Horizonten sind Ausdruck für die mittleren Grundwasserhochstände (MHGW) sowie Grundwasserniedrigstände (MNGW + Kapillarsaum) und erlauben somit die Ableitung der Grundwasseramplituden des oberflächennahen Grundwassers (AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005).

Zur Absicherung können im Gelände auch die Wasserstände im Bohrloch und der Bereich des kapillaren Aufstiegs bestimmt werden. Ein grundsätzliches Problem ist, dass die bodenkundlichen Bohrungen maximal bis 2 m abgeteuft werden. Dadurch ist ausgeschlossen, dass größere Amplituden abgebildet und erfasst werden können. Bei der Auswertung konnten nur Bohrprofile berücksichtigt werden, die sowohl die MHGW als auch die MNGW erfassen.

Auch Grundwasserabsenkungen sowie kulturbautechnische Maßnahmen können Veränderungen im Bodenwasserhaushalt herbeiführen. Deshalb ist darauf zu achten, dass durch die o. g. Maßnahmen eine Veränderung des Go- bzw. Gr-Horizontes erfolgt und dadurch die aktuellen

MHGW und MNGW beeinflusst werden (vgl. EGELSMANN 1981). Exemplarisch wird dies in Abbildung 2 dargestellt. Durch die Grundwasserregulierung sind die Grundwasserhochstände um 4–6 dm und die Grundwasserniedrigstände um 1–2 dm abgesenkt. Durch die Kappung der Grundwasserhochstände wird die Vernässung der Standorte deutlich verringert. Die geringe Absenkung der Grundwasserniedrigstände gewährleistet weiterhin eine ausreichende Wasserversorgung in der Vegetationszeit (vgl. Abb. 2).

Hinzu kommt, dass der Witterungsverlauf eines Jahres den Zeitpunkt des Sickerwasserflusses und die Menge des Sickerwassers beeinflusst, d. h. Beginn und Ende der GW-Neubildung werden durch Jahresniederschläge bestimmt (KEMPER 1975). Das heißt, dass auch der GW-Anstieg und der GW-Abfall in erheblicher Menge durch Klima und Witterungsverlauf gesteuert werden.

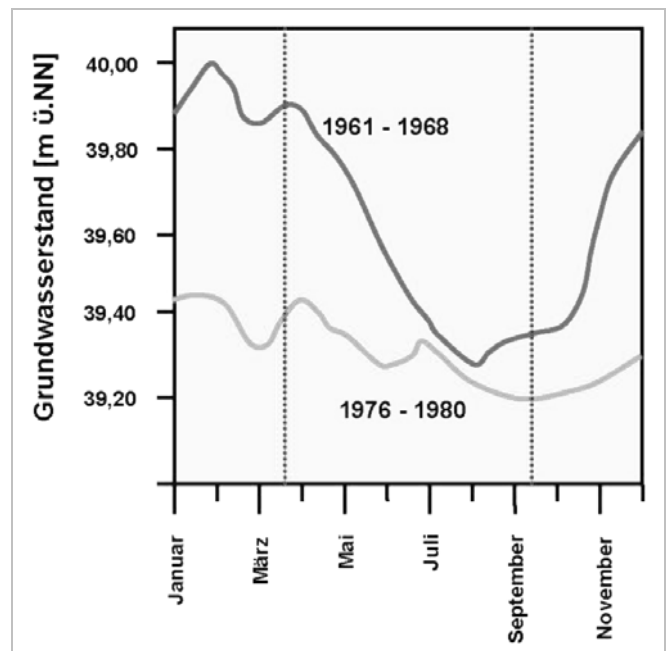


Abb. 2: Auswirkungen der Entwässerungsmaßnahmen in der grundwassernahen Geest (GEHRT 1982).

2.1 Gruppenbildung für die Auswertung

Für die Auswertung zur Ermittlung regionaler oder substratbezogener Unterschiede der Grundwasseramplituden wurde im ersten Schritt ein vergleichsweise einfacher Ansatz gewählt. Die Gruppierung erfolgte auf Grundlage der pedoregionalen Gliederung von Niedersachsen (GEHRT & SBRESNY 1999, vgl. auch AD-HOC-AG BODEN 2005), wie sie in der BÜK 50 realisiert ist. Während mit der Bodenregion und der Bodengroßlandschaft rein räumliche Kriterien eingehen, wird mit der **Bodenlandschaft (BL)** auch eine grobe Klassifikation der Substrate berücksichtigt (Tab. 1). Für diese Auswertung wurden die Bodenlandschaften nach bodenartigen Kriterien weiter zusammengefasst. Mit dieser Vorgehensweise werden deduktiv Gruppen vorgegeben. Insbesondere für Fragen nach den Ursachen kann dies ggf. hinderlich sein. Dieser Ansatz hat für die Fragestellung aber den Vorteil, dass für die Schritte „Umsetzung für Kennwerttabellen“, „regionale Darstellung“, „Umsetzung für die BK 50“ eine schnelle Zuordnung möglich ist.

3. Ergebnisse

Das Ergebnis einer systematischen Auswertung von Bodenprofilen aus der Profildatenbank des NIBIS[®] ist exemplarisch in Abbildung 3 dargestellt. Daneben wurden die Ergebnisse von bodenkundlich relevanten Grundwassermessstellen mit den Bodenprofildaten abgeglichen (BALLENTIN 1994, KEMPER 1975) und, soweit möglich, bei der Ableitung der Bodenkennwerte berücksichtigt (s. Tab. 1). Die Werte und deren Umsetzung für die praktische Anwendung sind in Tabelle 1 abgebildet. Die räumliche Differenzierung wird in Abbildung 4 dargestellt. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Angaben zu den Grundwasseramplituden sich nur auf die Teilbereiche mit oberflächennahem Grundwasser beziehen. Im Folgenden werden die Ergebnisse diskutiert.

Bei in Brunnen gemessenen Amplituden ist feststellbar, dass die Messwerte einige Dezimeter größer sind, als die Bodenprofile durch Bodenmerkmale aufweisen (KEMPER 1975). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Bodenkennwerte den Kapillarsaum integrieren und damit die Schwankung je nach Bodenart 2–5 dm geringer ist (vgl. AD-HOC-AG BODEN 2005). Bei den aus den Bodenprofilen abgeleiteten Werten werden die größeren Amplituden nicht erfasst, da bei maximaler Bohrtiefe von 2 m nur Amplituden von 10–15 dm ausreichend repräsentiert sind. Aus den genannten Gründen sind die abgeleiteten Bodenkennwerte z. T. nach oben zu korrigieren (s. Abb. 3).

Tab. 1: Grundwasseramplituden in Abhängigkeit von der Bodenlandschaft und den daraus abgeleiteten Bodenkennwerten.

Bodenregion	Bodengroßlandschaft	Bodenlandschaft (aggregiert) ¹⁾ Verbreitungsgebiete der	Grundwasseramplitude Bodenprofile [dm] Mittelwert / Standardabweichung / Anzahl der Profile	Abgeleiteter Bodenkennwert ²⁾ (und Abweichung) [dm]	Anmerkungen	
Küstenholozän	Inseln	Marschensedimente	4 / ± 2 / 38	4 (± 2)		
		sandigen Sedimente	3 / ± 2 / 94	4 (± 2)		
	Küstenmarschen	Marschensedimente	8 / ± 4 / 1 527	8 (± 4) / 4 (± 2)	kultiviert ⁴⁾ / nicht kultiviert	
		Torfe	5 / ± 4 / 5	1 (± 1) / 4 (± 2)	nicht kultiviert / kultiviert ⁵⁾	
Flusslandschaften	Auen und Niederterrassen	Torfe	5 / ± 1 / 2	4 (± 2)		
		Auensedimente	10 / ± 5 / 677	10 (± 6)		
Altmoränenland	Talsandniederungen	Torfe	7 / ± 3 / 412	1 (± 1) / 4 (± 2)	nicht kultiviert / kultiviert	
		Auensedimente	9 / ± 4 / 71	10 (± 4)		
		sandigen Sedimente	8 / ± 4 / 1 181	8 (± 4)		
		Lehme	7 / ± 4 / 7	8 (± 4)		
	Platten und Endmoränen	Torfe	6 / ± 3 / 163	1 (± 1) / 4 (± 2)	nicht kultiviert / kultiviert	
		Auensedimente	6 / ± 3 / 2	10 (± 2)		
		sandigen Sedimente	7 / ± 4 / 733	8 (± 4)		
		Lehme	8 / ± 5 / 524	8 (± 4)		
Bergvorland	Bördenvorland	Torfe		1 (± 1) / 4 (± 2)	nicht kultiviert / kultiviert	
		Auensedimente	11 / ± 3 / 57	10 (± 4)		
		Karbonatgesteine	9 / ± 5 / 9	8 (± 4)	Kluftwasser	
		Tongesteine ³⁾	1 / ± 3 / 75	2 (± 4)	Pseudogleye	
	Börde	Torfe	7 / ± 1 / 2	1 (± 1) / 4 (± 2)	nicht kultiviert / kultiviert	
		Auensedimente	10 / ± 5 / 81	10 (± 4)		
		sandigen Sedimente	9 / ± 5 / 90	10 (± 4)		
		Lehme	12 / ± 5 / 367	12 (± 4)	evtl. größer	
		Lösse	10 / ± 4 / 292	16 (± 4)		
		Karbonatgesteine	7 / ± 6 / 5	8 (± 6)	Kluftwasser	
		Tongesteine ³⁾	6 / ± 7 / 125	6 (± 6)	Pseudogleye	
Bergland	Becken	Torfe	5 / ± 2 / 9	1 (± 1) / 4 (± 2)	nicht kultiviert / kultiviert	
		Auensedimente	9 / ± 4 / 135	10 (± 4)		
		sandigen Sedimente	10 / ± 3 / 8	10 (± 4)		
		Lehme	8 / ± 4 / 86	10 (± 4)		
		Lösse	10 / ± 5 / 262	12 (± 4)	evtl. größer	
		Tongesteine ³⁾	4 / ± 6 / 21	4 (± 6)	Pseudogleye	
	Höhenzüge	Torfe		1 (± 1)	interpoliert	
		Auensedimente	10 / ± 5 / 91	10 (± 4)	evtl. größer	
	Mittelgebirge		Torfe		1 (± 1)	interpoliert
			Auensedimente	3 / ± 4 / 51	2 (± 2)	> 1 000 mm N

¹⁾ Die Bezeichnung erfolgt in Anlehnung an die konventionell festgelegte Bezeichnung der Bodenlandschaften Niedersachsens.

²⁾ Bei den abgeleiteten Kennwerten wurden die Messwerte unter Berücksichtigung der im Text genannten Einschränkungen korrigiert und klassifiziert.

³⁾ Grundwasser in den Festgesteinen des Berglandes und der Mittelgebirge wird nicht betrachtet.

⁴⁾ Regulation des Wasserhaushaltes durch Drainage bis ca. 8 dm Tiefe oder Grabenentwässerung; bei ganzjähriger Regulation z. B. durch Schöpfwerke und andere Maßnahmen kann die GW-Amplitude größer sein.

⁵⁾ Bei den Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung ist das Grundwasser abgesenkt (Regulation des Wasserhaushaltes durch Drainage bis ca. 6 dm Tiefe oder Grabenentwässerung) und die Grundwasseramplitude größer (4 ± 2 dm). Sandmisch- oder Sanddeckkulturen werden bei diesen Werten nicht berücksichtigt. Hier sind höhere Amplituden zu erwarten.

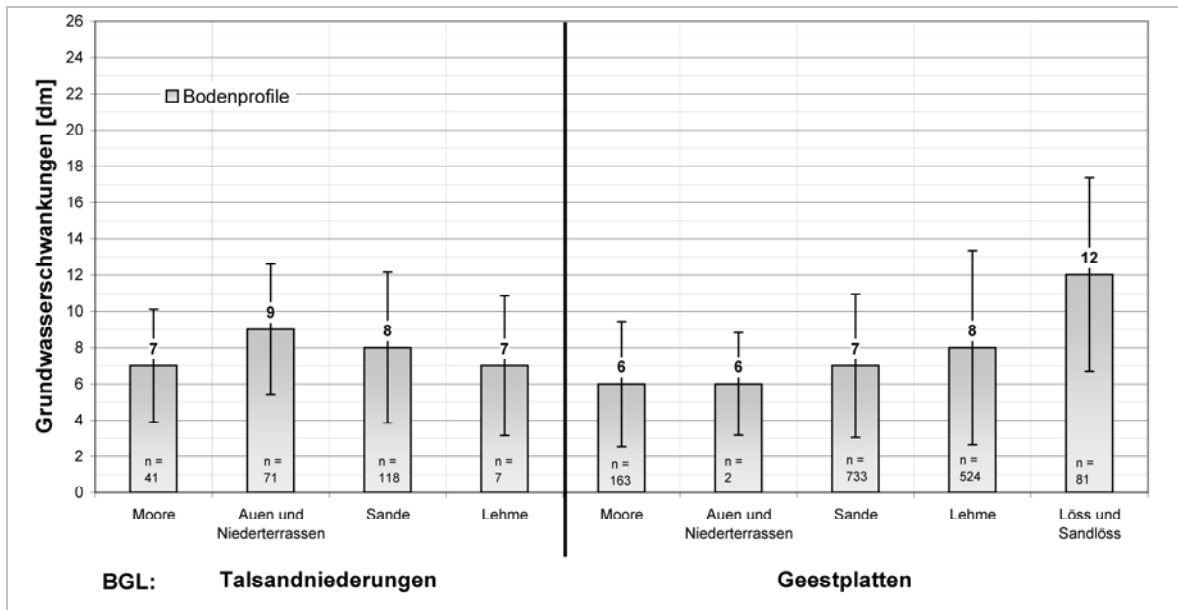


Abb. 3: Mittlere Grundwasseramplituden in verschiedenen Bodenlandschaften Niedersachsens; Auswertung der Profildatenbank des LBEG: Beispiel Talsandniederungen und Geestplatten. Die Werte beziehen sich nur auf die Teilbereiche mit oberflächennahem Grundwasser.

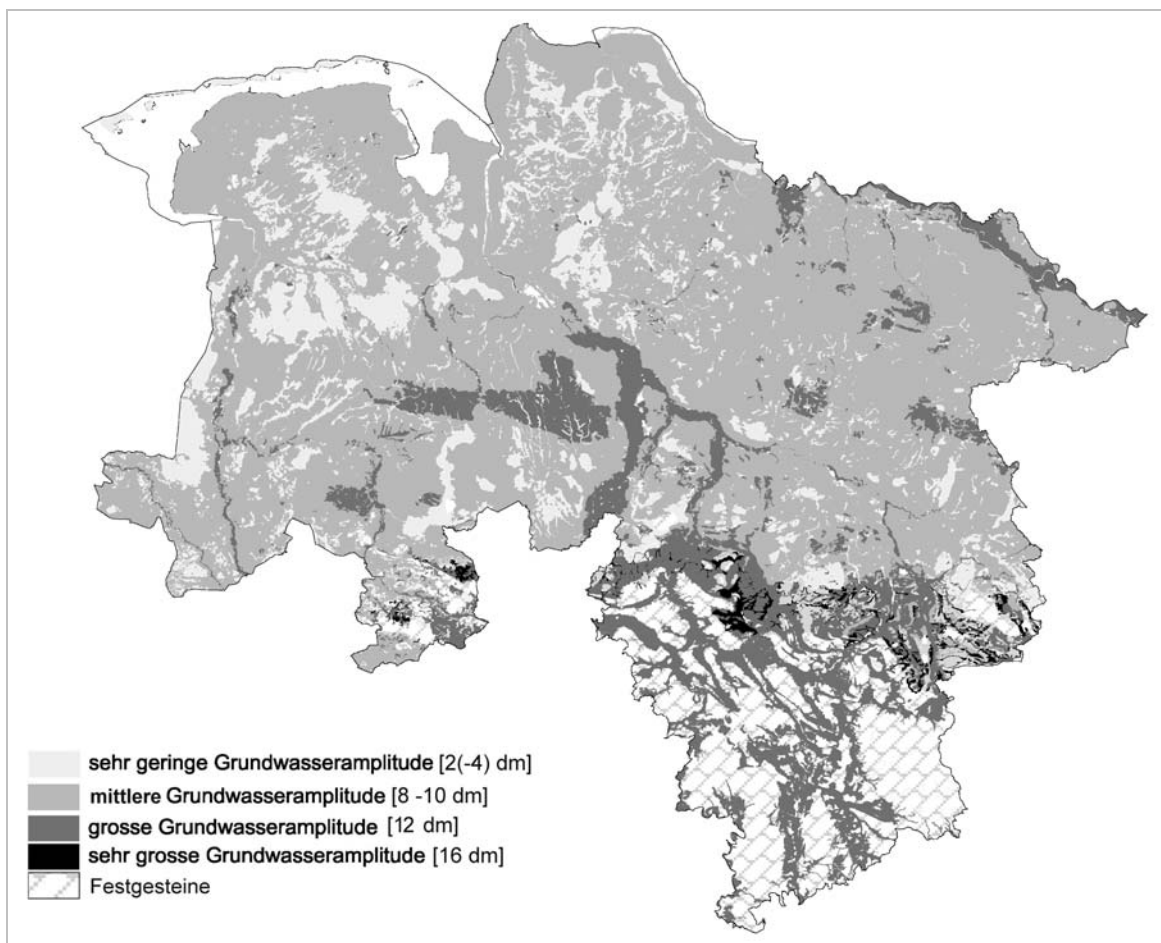


Abb. 4: Grundwasseramplituden in Niedersachsen, dargestellt auf Grundlage der abgeleiteten Bodenkennwerte aus Tabelle 1. Die hier zugeordneten Kennwerte gelten jeweils nur in den Teilbereichen mit oberflächennahem Grundwasser.

In Bezug auf die abgeleiteten Kennwerte ist Folgendes zusammenfassend herauszustellen:

- In den flächenhaft dominierenden Bodenlandschaften werden weitgehend die bisherigen Grundwasseramplituden von ca. 8–10 dm bestätigt. Die von KEMPER (1975) beschriebenen Werte für kürzere Messzeiträume liegen mit ~ 13 dm auf Sandstandorten über den hier ermittelten Werten.
- Im **Küstenholozän** – also den Landschaften mit Tidewassereinfluss – sind die Grundwasserschwankungen mit rund 4–8 dm vergleichsweise geringer, als o. g. 8–10 dm. Die zugrunde liegenden Bodenprofile stammen zum überwiegenden Teil aus kultivierten Marschen mit abgesenktem Grundwasser. Tiefe Entwässerungsgräben und Grundwasserabsenkungen haben nach KEMPER (1975) aber ebenso einen Einfluss auf die Grundwasserstände. Es muss davon ausgegangen werden, dass nicht entwässerte Marschen deutlich geringere Schwankungen aufweisen und dass bei Grundwasserabsenkung in der Marsch die GW-Amplitude größer wird. KEMPER (1975) ermittelte bei der sandig-schluffigen Seemarsch Grundwasseramplituden von ca. 12 dm und bei der eher tonigen Knick-Brackmarsch von ca. 4 dm. Dies deutet auch auf einen Einfluss der Bodenarten hin.

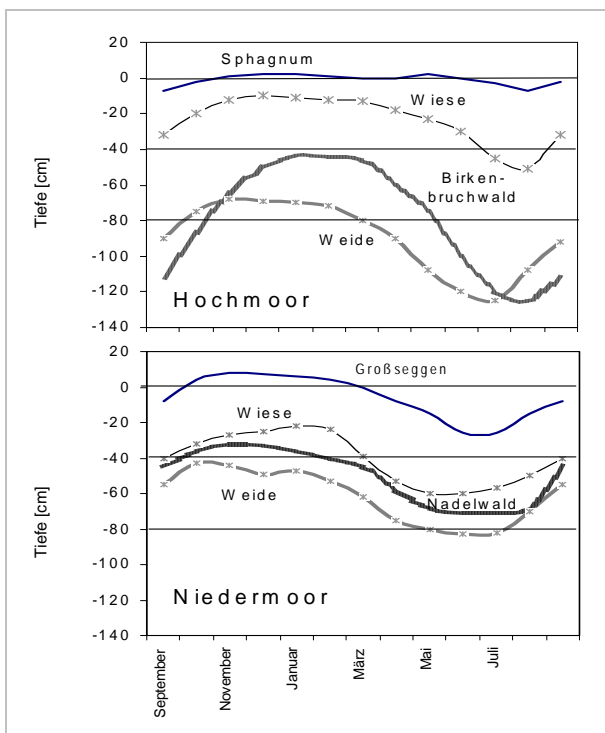


Abb. 5: Grundwasserschwankungen ausgewählter Ökosysteme in Hoch- und Niedermooren nach EGGELSMANN (1981, verändert).

- **Moore:** Die Moorstandorte weisen nach den in der Profildatenbank abgelegten Profilen im Mittel relativ geringere Grundwasserschwankungen auf. Regional treten hier scheinbar Unterschiede auf (Moore im Küstenholozän 2 dm; Moore der Geest 6–7 dm). Nach EGGELSMANN (1981) sind die Unterschiede in den Mooren im Wesentlichen durch die Nutzung bestimmt (Abb. 5). Die Unterschiede zwischen Hoch- und Niedermooren wurden vernachlässigt. Es ist festzustellen, dass natürliche Moore nur geringe Amplituden von 0–2 dm und sehr geringe Grundwasserflurabstände aufweisen. Für eine Grünlandnutzung wird eine Grundwasserabsenkung um 4 dm durchgeführt. Hierbei vergrößert sich die Grundwasseramplitude auf ca. 4 dm. Für eine Ackernutzung ist eine weitere Absenkung notwendig und muss dann mit Kulturmaßnahmen wie der Sanddeck- oder der Sandmischkultur begleitet werden, um eine zu starke Austrocknung zu verhindern. Für die Auswertung der Profildatenbank des LBEG kann somit davon ausgegangen werden, dass z. B. in den Talsandniederungen in der Mehrzahl kultivierte Moore zu Grunde lagen. Bei forstlicher Nutzung wird im Sommer das Grundwasser durch die Verdunstung der Bäume abgesenkt, und die Amplitude steigt auf 6 ± 2 dm (EGGELSMANN 1981).
- **Sande:** Relativ große GW-Amplituden (10 dm) treten im Bergvorland und Bergland auf. In den Geestplatten weisen die sandigen Substrate 8 dm GW-Schwankungen auf. In den Dünentälern der Nordseeinseln haben Sande in der Regel eine geringere GW-Amplitude von ~ 4 dm (s. Tab. 1).
- **Auen:** Es ist feststellbar, dass die Auen mit 10 dm eine etwas höhere Amplitude aufweisen. Auffallend sind die Auen des Hochharzes, die ganzjährig etwa gleiche Wasserstände haben. Dies ist wohl mit den ganzjährig hohen Niederschlägen zu erklären.
- **Lehm und Löss:** Auffallend große Amplituden des Grundwassers sind in den Lehm- und Sandlöss- bzw. Lössgebieten der Geestplatten und des Bergvorlandes zu verzeichnen. Hier sind die Lehme und Löss der Börde mit Werten von 12–16 dm und mehr hervorzuheben. Auch wenn nur wenige Beobachtungen in den Datenbanken vorliegen, erscheinen diese Werte realistisch, da sowohl die Literatur (ZEZSCHWITZ 1964) als auch eigene exemplarische Messungen mit erst kurzer Laufzeit diese Werte bestätigen. Die Ursache für diese gro-

ßen Amplituden liegt in einem erheblichen Grundwasserzustrom aus dem Hinterland (Bergland in die Börde, Geestplatten zu den Geesttälern), der im Winter bis ins Frühjahr zu sehr hohen Wasserständen führt. Im Sommer fallen die Wasserstände dann schnell mehrere Dezimeter ab. Zudem hat der kapillare Aufstieg in den Lehmen und insbesondere den Lössen auf Grund des hohen Mittelporenanteils einen deutlichen Einfluss (s. AD-HOC-AG BODEN 2005). Dies bestätigt auch KEMPER (1975), indem er feststellt, dass bei gleichen Bodenarten die Grundwasseramplituden in der Regel in den Niederungen kleiner sind, als in den Tälern der Hochflächen.

- **Festgestein:** Während sich die Grundwasserschwankungen in den Böden der Karbonatgesteine des Bergvorlandes mit ca. 8 dm normal verhalten, sind die Grundwasserschwankungen in den Tongesteinen mit 2 dm nur sehr gering. Hier ist allerdings anzumerken, dass die Feldansprache der Bodenmerkmale und insbesondere die Abgrenzung zu den Pseudogleyen sehr problematisch sind.

Da grundwasserbeeinflusste Böden in den Festgesteinen des Berglandes kaum auftreten, liegen keine ausreichenden Daten vor. Sie werden hier nicht berücksichtigt.

4. Ausblick / Beurteilung von Grundwasserständen

Die Auswertungen der Grundwasseramplituden aus den Bodenprofilen des NIBIS[®] haben gezeigt, dass für die Abschätzung der Grundwasserdynamik der Kennwert Grundwasserstufe (AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005) als maßgebende Größe nicht hilfreich ist. Insbesondere Standorte mit geringen und großen Grundwasseramplituden werden mit den Grundwasserstufen unzureichend beschrieben. Ausgehend vom MHGW und unter Zugrundelegung der Grundwasseramplituden je nach Bodenlandschaften Niedersachsens (s. Tab. 1) ergeben sich plausiblere Aussagen, die weit über 20 dm Bohrtiefe hinausgehen. Für alle Auswertungsmethoden, die als Berechnungsgrundlage die Grundwasserstufen zugrunde legen, wird empfohlen, direkt auf den MHGW oder den MNGW zurückzugreifen.

Auf Grundlage der ausgeführten Ergebnisse ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

1. Auswertungsmethoden, die mit den Grundwasserstufen als Eingangsgröße arbeiten,

sind auf konkrete Werte wie MHGW und MNGW umzustellen.

2. Die Angaben in Tabelle 1 können u. a. in den folgenden Situationen eingesetzt werden:
 - Abschätzung von fehlenden Angaben, insbesondere des Grundwasserniedrigstandes (MNGW) bei Grundwasserabsenkungen im Rahmen der Beweissicherung,
 - Plausibilitätsprüfungen von Kartierergebnissen, insbesondere in Bodenlandschaften mit Grundwassereinfluss,
 - Erstellung von Profilen für die Generallegende der BK 50.

Für die Ermittlung der GW-Amplitude als Parameter für verschiedene Auswertungsmethoden im Bodenschutz (MÜLLER 2004) wird vorgeschlagen, dass entweder über den abgeleiteten Kennwert GWS (AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005) oder direkt auf die Angaben der Grundwasserstände (MHGW und MNGW) zurückgegriffen wird.

Da in der Regel die MHGW-Stände im Frühjahr und die MNGW-Stände Anfang Herbst zu erwarten sind, kann bei der Beurteilung der Auswirkungen der Grundwasserabsenkungen in kürzeren Vegetationszeiträumen der Kennwert MNGW nicht für alle betroffenen Kulturen Anwendung finden (RENGER & STREBEL 1982). Bei Flächen mit Getreideanbau und Flächen mit Grünlandwirtschaft (2. Schnitt) sollten zusätzlich zu den mittleren Grundwasserhochständen (MHGW) bzw. -niedrigständen (MNGW) folgende Auswertungen vorgenommen werden:

- bodenkundliche Ermittlung der standortspezifischen Grundwasseramplituden,
- Ermittlung und Darstellung der langjährigen Ganglinien der Grundwasserstände,
- Ermittlung des mittleren Grundwasserstandes (MGW); er liegt ungefähr in der Mitte des Gohorizontes und gilt als Grundlage für die Kennwertberechnungen der kürzeren Vegetationsperioden.

Ausgehend von der Ermittlung und Zugrundelegung des mittleren Grundwasserstandes (MGW) sollte die Berechnung der W_e , K_A , $nFKW_e$, KWB_v und des erforderlichen Flurabstandes während der Vegetationszeiträume für Getreidebau und Grünlandwirtschaft (bis zum 2. Schnitt) von Mitte Mai bis Mitte Juli erfolgen.

Die hier erzielten Auswertungsergebnisse werden durch laufende GW-Messstandorte in Niedersachsen weiter verifiziert (GW-Programm und Dauerbeobachtungsflächen).

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.
- ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (1996): Forstliche Standortsaufnahme: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. – 5. Aufl.; Eching (IHW).
- BALLENTIN, I. (1994): Optimierung der Grundwasserstands-Klassifizierung für Fragen des Bodenschutzes. Auswertung der Messergebnisse des Landesgrundwasserdienstes Niedersachsens, differenziert nach Bodengroßlandschaften. – Band 1 und 2, Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Hannover; Hannover [Unveröff.].
- EGGELSMANN, R. (1981): Ökohydrologische Aspekte von anthropogen beeinflussten und unbeeinflussten Mooren Norddeutschlands. – Dissertation am Fachbereich Biologie der Universität Oldenburg; Oldenburg.
- GEHRT, E. (1982): Boden- und vegetationskundliche Untersuchungen an Grünlandstandorten nach einer Flurbereinigung. – Diplomarbeit am FB Landspflege der FH Osnabrück; Osnabrück [Unveröff.].
- GEHRT, E. & SBRESNY, J. (1999): Erläuterungen zur Ableitung und den Inhalten der Bodenübersichtskarten 1 : 200 000 (BÜK 200) und 1 : 500 000 (BÜK 500) von Niedersachsen. – Arb.-H. Boden 1999/1: 61–98, 4 Abb., 12 Tab.; Hannover (NLfB).
- KEMPER, B. (1975): Grundwassergang und Bodenmerkmale bei einigen Marsch- und Geestböden im nordwestlichen Niedersachsen. – Geol. Jb. **F 2**, 70 S., 23 Abb., 8 Tab.; Hannover.
- 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).
- NIBIS® (2008): <<http://www.lbeg.niedersachsen.de>> Service > Profildatenbank>, Stand: Juli 2008.
- RAISSI, F., WEUSTINK, A., MÜLLER, U., MEYER, H., MEESENBURG, H. & RASPER, M. (2008): Durchführungspläne für die Beweissicherung zum Bewilligungsbescheid zur Entnahme von Grundwasser. – 2. Aufl., Geofakten **19**: 15 S., 3 Abb., 4 Tab.; Hannover (LBEG).
- RENGER, M. & STREBEL, O. (1982): Beregnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. – Geol. Jb. **F 13**: 3–66, 43 Abb., 26 Tab.; Hannover.
- ZEZSCHWITZ, E. v. (1964): Grundwasser und Bodenbildung in der Soester Niederbörde. – Geol. Jb. **82**: 143–176, 5 Abb., 5 Tab., 1 Taf.; 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 2008

Nachdruck nur gegen Belegexemplar an:

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

Version: 29.07.2008

Die erste Auflage dieses Textes ist 2005 im damaligen Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung erschienen.

Autoren

- Dr. Farhad Raissi, Tel.: 0511/ 643 3581
mail: Farhad.Raissi@lbeg.niedersachsen.de
- Dr. Ernst Gehrt, Tel.: 0511/ 643 3601
mail: Ernst.Gehrt@lbeg.niedersachsen.de

Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie
Stilleweg 2, 30655 Hannover
Internet: <http://www.lbeg.niedersachsen.de>