

**Schmitz + Beilke** Ingenieure GmbH  
Bodenmechanik, Erd- und Grundbau

Cloppenburger Straße 4  
**26135 Oldenburg**

Tel. 0441 - 999 051 -10

Fax 0441 - 999 051 -59

info@baugrund-ol.de

www.gruppe-ingenieurbau.de

Gerichtsstand Oldenburg

RG Oldenburg, HRB 201602

Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Otfried Beilke

Dipl.-Ing. Ralf Schmitz

USt-IdNr. DE255308841

---

**Projekt:** Erweiterung Windpark Wiesmoor  
(WEA 18b, WEA A, WEA C und WEA 19)

**Art:** Hydraulische Berechnung

**Auftraggeber:** Pommer & Schwarz  
Erneuerbare Energien Gesellschaft mbH  
Korbweidenstraße 7  
26605 Aurich

**Projektnummer:** 16.135.21

**Datum:** 29.04.2016

## Inhaltsverzeichnis

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 1   | Vorgang und Aufgabenstellung .....          | 3 |
| 2   | Bearbeitungsunterlagen .....                | 3 |
| 3   | Baugrund- und Grundwasserverhältnisse ..... | 3 |
| 4   | Berechnungsgrundlagen .....                 | 5 |
| 5   | Horizontaldrainage .....                    | 5 |
| 5.1 | Ausführungshinweise .....                   | 5 |
| 5.2 | Berechnungsgrundlagen .....                 | 5 |
| 5.3 | Berechnungsergebnisse .....                 | 6 |
| 6   | Hinweise und Empfehlungen.....              | 6 |

## Anlagenverzeichnis

|        |  |
|--------|--|
| Anl. 1 | Hydraulische Berechnung Horizontaldrainage |
|--------|--|

## 1 Vorgang und Aufgabenstellung

In der Nähe von Wiesmoor ist die Erweiterung des gleichnamigen Windparks um vier Windenergieanlagen geplant. Bei den neu zu errichtenden Energieeinheiten handelt es sich um den Typ ENERCON **E-115/BF/133/27/02** (mit 135 m Nahenhöhe). Die Standorte der geplanten Windenergieanlagen sind dem Lageplan der Anlage 1 zu entnehmen. Die neuen Windenergieanlagen sind bauseits mit **WEA 18b, WEA A, WEA C** und **WEA 19** bezeichnet.

Wir wurden beauftragt, auf Grundlage der durchgeführten Baugrunderkundungen die hydraulischen Berechnungen für die geplanten Wasserhaltungen zur Erlangung der wasserrechtlichen Genehmigung auszuführen.

## 2 Bearbeitungsunterlagen

Zur Bearbeitung dieser Stellungnahme haben neben allgemeinen Unterlagen wie Normen, Merkblättern und Richtlinien folgende Unterlagen zur Verfügung gestanden:

- U1 Baugrundgutachten, Windpark Wiesmoor (Anlagenstandorte WEA 18b, WEA A, WEA C und WEA 19); erstellt: Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH, Oldenburg; Datum 20.04.2016
- U2 Fundament-Datenblatt E-115/BF/133/27/02, Tiefgründung mit Auftrieb; erstellt: ENERCON GmbH, Aurich; Datum: 29.11.2014

Weitere Unterlagen zum geplanten Bauvorhaben (Bauablaufplan, etc.) stehen uns derzeit nicht zur Verfügung.

## 3 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Zur Erkundung der Bodenverhältnisse wurden durch unser Büro Kleinbohrungen (BS) und durch die Firma Thade Gerdes, Norden, Drucksondierungen (CPT) ausgeführt. Eine ausführliche Beschreibung der Baugrundverhältnisse kann dem Baugrundgutachten vom 20.04.2016 entnommen werden. Grundsätzlich ist demnach im Bereich der Windenergieanlagen ein relativ inhomogener Bodenaufbau zu erwarten. Insbesondere zwischen den einzelnen Anlagenstandorten wurden abweichende Bodenschichtungen festgestellt.

Danach stehen unterhalb der Geländeoberkante zunächst **humose Deckschichten** an, die sich überwiegend aus Torf sowie in Teilen auch aus einem humosen Oberboden zusammensetzen. Darunter folgen zumeist geringmächtige **Sande**, die von bindigen Böden aus **Geschiebelehm** unterlagert werden. Den Abschluss bildet im Wesentlichen **Ton**, der sich in weiten Bereichen in einer Wechsellagerung mit **Sanden** befindet.

Während die bindigen Böden aus Geschiebelehm und Ton als praktisch wasserundurchlässig anzusehen sind, können die angetroffenen Sande als wasserdurchlässig eingestuft werden. Die humosen Deckschichten sind hingegen als (sehr) schwach wasserdurchlässig zu bewerten. Hieraus folgt, dass das Wasser innerhalb der Sande gespannt anstehen kann.

Für die anstehenden Böden sind auftragsgemäß keine Bestimmungen der Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) z.B. anhand von Laborversuchen vorgenommen worden. Dementsprechend müssen die Durchlässigkeitsbeiwerte für die unterschiedlichen Böden anhand von Erfahrungswerten geschätzt werden. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich anhand der tatsächlichen Bodenverhältnisse Abweichungen (z. B. durch grobkörnige oder bindige Einlagerungen) beim Durchlässigkeitsbeiwert und damit auch bei der Fördermenge sowie der Reichweite ergeben können.

Der vereinfachte Baugrundaufbau für den jeweiligen Anlagenstandort, sowie die geschätzten Durchlässigkeitsbeiwerte lassen sich der Tabelle 1 entnehmen.

Tabelle 1 Vereinfachter Baugrundaufbau und Durchlässigkeitsbeiwerte (Teil 1)

| Anlagenstandort | Tiefenbereich (ab GOK) | Bodenart                    | Durchlässigkeitsbeiwert (geschätzt!) | Schichttyp                 |
|-----------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| WEA 18b         | bis rd. 1,5 m          | humoser Oberboden / Torf    | $1 \times 10^{-6}$ m/s               | (sehr) schwach durchlässig |
|                 | bis rd. 2,0 m          | Geschiebelehm               | $1 \times 10^{-7}$ m/s               | undurchlässig              |
|                 | bis rd. 18 m           | Sand / Ton (Wechselagerung) | $1 \times 10^{-5}$ m/s               | schwach durchlässig        |
|                 | bis rd. 20 m           | Ton                         | $1 \times 10^{-8}$ m/s               | undurchlässig              |
|                 | bis rd. 22 m           | Sand                        | $2 \times 10^{-4}$ m/s               | durchlässig                |
| WEA A           | bis rd. 1,0 m          | Torf                        | $1 \times 10^{-6}$ m/s               | (sehr) schwach durchlässig |
|                 | bis rd. 2,2 m          | Geschiebelehm               | $1 \times 10^{-7}$ m/s               | undurchlässig              |
|                 | bis rd. 19 m           | Ton                         | $1 \times 10^{-8}$ m/s               | undurchlässig              |
|                 | bis rd. 28 m           | Sand (z.T. Tonlagen)        | $8 \times 10^{-5}$ m/s               | durchlässig                |
| WEA C           | bis rd. 3,0 m          | Torf                        | $1 \times 10^{-6}$ m/s               | (sehr) schwach durchlässig |
|                 | bis rd. 3,6 m          | Sand                        | $2 \times 10^{-4}$ m/s               | durchlässig                |
|                 | bis rd. 5,2 m          | Geschiebelehm               | $1 \times 10^{-7}$ m/s               | undurchlässig              |
|                 | bis rd. 28 m           | Ton                         | $1 \times 10^{-8}$ m/s               | undurchlässig              |
| WEA 19          | bis rd. 1,0 m          | Torf                        | $1 \times 10^{-6}$ m/s               | (sehr) schwach durchlässig |
|                 | bis rd. 1,5 m          | Sand                        | $2 \times 10^{-4}$ m/s               | durchlässig                |
|                 | bis rd. 2,7 m          | Geschiebelehm               | $1 \times 10^{-7}$ m/s               | undurchlässig              |
|                 | bis rd. 24 m           | Sand / Ton (Wechselagerung) | $5 \times 10^{-6}$ m/s               | schwach durchlässig        |
|                 | bis rd. 25 m           | Sand                        | $2 \times 10^{-4}$ m/s               | durchlässig                |

Das Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten in etwa  $t = 0,2$  m bis 1,3 m Tiefe angetroffen. Hierbei ist zu bedenken, dass sich genaue Wasserstände nur mit fachgerecht ausgebauten Grundwassermessstellen ermitteln lassen, die über einen längeren Zeitraum beobachtet und ausgewertet werden. Bei den o. a. Wasserständen kann es sich daher zum Teil auch um Schichtenwasser handeln. Der tatsächliche Grundwasserspiegel kann somit tiefer oder bei gespanntem Grundwasser teilweise auch höher anstehen.

Grundsätzlich ist von einem Anstieg des Grundwassers in niederschlagsreichen Jahreszeiten auszugehen. Für die Bemessung der Wasserhaltung wird daher unter Berücksichtigung üblicher Schwankungsbreiten des Grundwassers vereinfacht ein Wasserstand bei Geländeoberkante angenommen.

## 4 Berechnungsgrundlagen

Falls das Grundwasser unterhalb der praktisch wassersperrenden Schichten aus Geschiebelehm und Ton gespannt ansteht, kann es infolge des Baugrubenaushubes (Verringerung der Bodenaufplast) zu einem so genannten hydraulischen Grundbruch kommen. In diesem Fall sollte die Wasserhaltung so ausgelegt werden, dass zu einem die Erdarbeiten im Trockenen erfolgen können, gleichzeitig aber auch die Druckhöhe des Wassers zur Vermeidung eines hydraulischen Grundbruchs verringert werden kann. Daher empfiehlt es sich, die Wasserhaltungsmaßnahmen mindestens bis in die wasserführenden Sande unterhalb der oberflächennah anstehenden, bindigen Böden hineinzuführen. Ergänzend muss berücksichtigt werden, dass ggf. ein Mehraushub von aufgeweichten oder gering tragfähigen Schichten erforderlich wird.

In Anbetracht der anstehenden, wassersperrenden Schichten aus Geschiebelehm und Ton sowie der ausgeprägt schluffig durchsetzten Sande können Schwerkraftanlagen kaum wirksam betrieben werden. Bei den gegebenen Randbedingungen empfiehlt sich die Ausführung einer Horizontaldrainage im Vakuumbetrieb.

## 5 Horizontaldrainage

### 5.1 Ausführungshinweise

Im Hinblick auf die wassersperrende Wirkung der oberflächennah anstehenden, wassersperrenden Schichten aus Geschiebelehm und Ton empfehlen wir die Ausführung einer Horizontaldrainage. Durch die Drainageschlitze soll das Oberflächen-, Niederschlags- und Schichtenwasser besser gefasst und abgeleitet werden. Durch Anordnung der Drainage außerhalb der Baugrube, kann gleichzeitig die Baugrubenböschung stabilisiert werden.

Der Einbau der Drainagen sollte in geschlossener Bauweise mittels Einfräsen erfolgen. Sofern die Drainagen im Freigefälle ausgeführt werden, sind diese mindestens 50 cm unterhalb des Absenkziels einzubauen. Im Vakuumbetrieb sind größere Überdeckungen von mindestens 1 m erforderlich. Die Drainageschlitze sind unter Berücksichtigung von Filterregeln (z.B. nach TERZAGHI) mit abgestuftem Filtermaterial, Granulat oder Grobsand zu verfüllen. Der Abstand der Drainagestränge zueinander sollte ein Maß von  $e \leq 4 \text{ m}$  nicht überschreiten.

### 5.2 Berechnungsgrundlagen

Für die weiterführenden Berechnungen wird zunächst davon ausgegangen, dass eine Horizontaldrainage für den Vakuumbetrieb ausgelegt wird und dass die Drainagestränge in einer Verlegetiefe von mindestens 4,5 m unter GOK angeordnet werden. Weiterhin werden für die Berechnung der Horizontaldrainage folgende Grundlagen zugrunde gelegt:

- Berechnung nach DAVIDENKOFF (1956) bzw. HERTH/ARNDTS (1984)

- Äquivalente rechteckige Baugrubengröße rd.  $a \times b = 23 \text{ m} \times 23 \text{ m}$  (bei einem Fundamentdurchmesser von 21,5 m + 2 x 2 m Arbeitsraum und halbe Böschung)
- Grundwasserstand bei GOK
- Absenkziel  $s = 3,8 \text{ m}$  unter Grundwasserstand
- Zuschlag für schnelles Leerpumpen 10 %

### 5.3 Berechnungsergebnisse

Die bei der Ausführung einer Horizontaldrainage rechnerisch anfallenden Wassermengen  $Q$  sowie die zu erwartenden Reichweiten  $R$  sind in der Tabelle 2 aufgeführt (vgl. Anlage 1). Aus programmtechnischen Gründen wurde bei der Berechnung mit einem gemittelten Durchlässigkeitsbeiwert gerechnet.

Tabelle 1 Berechnungsergebnisse Horizontaldrainage

| Anlagenstandort | Wasserstand unter GOK | Durchlässigkeitsbeiwert (gemittelt) | Wassermenge $Q$              | Reichweite $R$ |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------|
| WEA 18b         | GOK                   | $3,28 \times 10^{-6} \text{ m/s}$   | $1 \text{ m}^3/\text{h}$     | 14 m           |
| WEA A           |                       | $1,36 \times 10^{-7} \text{ m/s}$   | $< 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ | 3 m            |
| WEA B           |                       | $1,39 \times 10^{-5} \text{ m/s}$   | $3 \text{ m}^3/\text{h}$     | 28 m           |
| WEA 19          |                       | $1,24 \times 10^{-5} \text{ m/s}$   | $3 \text{ m}^3/\text{h}$     | 27 m           |

Wenngleich die mögliche Genauigkeit der vereinfachten Auswertungen nicht überbewertet werden darf, lassen die Ergebnisse erkennen, dass im Bereich des Anlagenstandortes WEA A aufgrund der wassersperrenden Wirkung der bindigen Schichten praktisch keine Beeinflussung des Grundwasserhaushaltes gegeben ist. Gleichwohl ist zu bedenken, dass im Baugrubenbereich auch für diesen Standort eine geordnete Abfuhr des Oberflächen-, Niederschlags- und Schichtenwassers zu gewährleisten ist. Für diese anfallenden Wassermengen ist die Drainage daher konstruktiv auszulegen.

## 6 Hinweise und Empfehlungen

Die Berechnungsergebnisse dürfen hinsichtlich der möglichen Genauigkeit wegen der ungenauen Eingangsparameter (insbesondere der tatsächlichen Druckhöhe des Grundwassers und der tatsächlichen Durchlässigkeitsbeiwerte) sowie der Unzulänglichkeiten des Bemessungsverfahrens nicht überbewertet werden. Deutliche Abweichungen um den Faktor 2 bis 3 sind nicht unüblich. Es ergibt sich jedoch eine grundlegende Tendenz, die für die Ausführung von Bedeutung ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich aufgrund der tatsächlich vorliegenden Baugrundverhältnisse und Randbedingungen Änderungen in der Wasserhaltung bzw. in der Absenkung ergeben können.

Eine ausreichende Absenkung bzw. Entspannung der Druckhöhe ist in der Baugrubenmitte mittels Peilbrunnen nachzuweisen. Die Ergebnisse sind zu protokollieren.

Die Wasserhaltung ist schonend auszuführen, um keine unnötig großen Wassermengen zu fördern und die Absenkung zu minimieren. Rechnerisch wurde eine maximale Reichweite von  $R = \text{rd. } 28 \text{ m}$  (Horizontaldrainage) ermittelt. Bei den örtlichen Gegebenheiten ist bei dieser Reichweite keine nennenswerte Beeinflussung benachbarter Gebäude (da der Abstand deutlich darüber liegt) zu erwarten.

Inwieweit sonstige bauliche Anlagen (Kabel- und Leitungstrassen, Brücken, etc.) innerhalb der Absenktrichter liegen, kann unsererseits nicht bewertet werden. Sollte dies der Fall sein, empfehlen wir im Vorfeld die Durchführung von Beweissicherungsmaßnahmen, um mögliche Risiken und Schadensersatzansprüche beurteilen zu können

Die Wasserhaltungen sind durch das ausführende Fachunternehmen anhand der oben aufgeführten Angaben, Abmessungen und Hinweise auszulegen. Anhand der örtlichen Gegebenheiten ist die Art der Wasserhaltung anzupassen.

Für die Einleitung in einen Vorfluter oder ein Kanalnetz ist eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Eigentümer bzw. der zuständigen Behörde einzuholen. Weiterhin sind geltende wasserrechtliche Bestimmungen zu beachten.

Oldenburg, 29.04.2016



ppa. Florian Geesen, M.Eng.

|  |   |                                    |   |
|--|---|------------------------------------|---|
| Projekt:<br><b>Erweiterung Windpark Wiesmoor 2015-2016</b>     | Auftraggeber:<br><b>PSEEG<br/>Korbweidenstraße 7<br/>26605 Aurich</b> | Projektnummer:<br><b>16.135.21</b> | <b>SBI</b><br>SCHMITZ + BEILKE<br>INGENIEURE GMBH |
| Art:<br><b>Wasserhaltung mit Horizontaldrainagen - WEA 18b</b> | Datum:<br><b>28.04.2016</b>   | <b>Anlage 1.1</b><br>Blatt 1       |   |

**Eingabewerte:**

Anmerkung: Eingabefelder grau hinterlegt

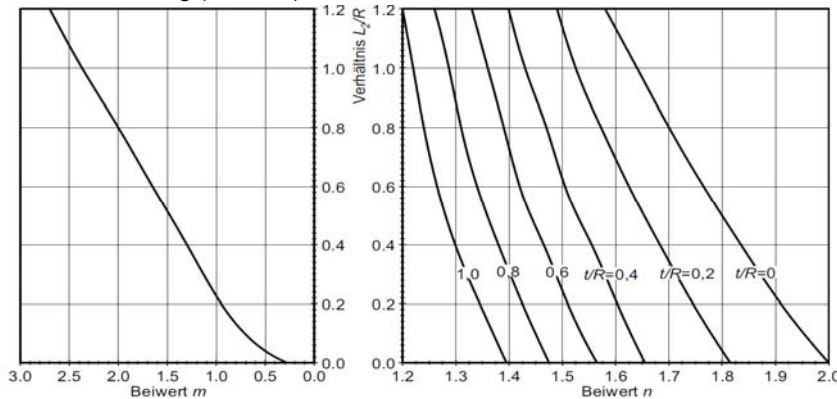
|  |              |         |        |                                      |
|--|--------------|---------|--------|--------------------------------------|
| Geländeoberkante (GOK)                       |              | 0,00    | in m   |                                      |
| Grundwasserstand unter GOK                   |              | 0,00    | in m   |                                      |
| Bodenart                                     |              | Diverse |        |                                      |
| Wasserdurchlässigkeitsbeiwert                | $k_f =$      | 0,00000 | in m/s | entspricht: 3,28E-06 in m/s          |
| Tiefenlage des wasserundurchlässigen Schicht | $T =$        | 0,00    | in m   |                                      |
| Baugrubentiefe ab GOK                        |              | 3,30    | in m   |                                      |
| Länge der Baugrube                           | $L_1 =$      | 23,00   | in m   |                                      |
| Breite der Baugrube                          | $L_2 =$      | 23,00   | in m   |                                      |
| Zuschlag zur Absenkung für trockene Baugrube | $\Delta s =$ | 0,50    | in m   | Anmerkung: üblicherweise 0,5 bis 1 m |

**Berechnungsergebnisse:**

|   |           |      |      |
|---|-----------|------|------|
| Absenkmaß   | $s = H =$ | 3,80 | in m |
| Rechenwert $t = H$ für $T > H$ oder $t = T$ für $T < H$ | $t =$     | 0,00 |      |
| Reichweite R für Beiwert $f = 1500$                     | $R_1 =$   | 10,3 | in m |
| Reichweite R für Beiwert $f = 1750$                     | $R_2 =$   | 12,0 | in m |
| Reichweite R für Beiwert $f = 2000$                     | $R_3 =$   | 13,8 | in m |

$$R = f \cdot s \cdot \sqrt{k_f}$$

Beiwertermittlung (m und n):



|    | $L_2 / R$ | $t / R$ |
|----|-----------|---------|
|    | in 1      | in 1    |
| R1 | 2,23      | 0,00    |
| R2 | 1,91      | 0,00    |
| R3 | 1,67      | 0,00    |

|    | m    | n    |
|----|------|------|
|    | in 1 | in 1 |
| R1 | 3,00 | 1,52 |
| R2 | 3,00 | 1,52 |
| R3 | 3,00 | 1,52 |

Berechnung der Wassermenge (stationärer Zustand):

|      |      |                      |
|------|------|----------------------|
| Q1 = | 0,89 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q2 = | 0,84 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q3 = | 0,80 | in m <sup>3</sup> /h |

$$Q = k_f \cdot H^2 \cdot \left[ \left( 1 + \frac{t}{H} \right) \cdot m + \frac{L_1}{R} \cdot \left( 1 + \frac{t}{H} \cdot n \right) \right]$$

Berechnung der Wassermenge (inkl. 10 % Zuschlag für schnelles Leerpumpen):

|      |      |                      |
|------|------|----------------------|
| Q1 = | 0,98 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q2 = | 0,92 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q3 = | 0,88 | in m <sup>3</sup> /h |

**Endergebnisse (gewählt):**

|                           |            |           |                           |
|---------------------------|------------|-----------|---------------------------|
| zu erwartende Wassermenge | <b>Q =</b> | <b>1</b>  | <b>in m<sup>3</sup>/h</b> |
| zu erwartende Reichweite  | <b>R =</b> | <b>14</b> | <b>in m</b>               |



|  |   |                                    |   |
|--|---|------------------------------------|---|
| Projekt:<br><b>Erweiterung Windpark Wiesmoor 2015-2016</b>   | Auftraggeber:<br><b>PSEEG<br/>Korbweidenstraße 7<br/>26605 Aurich</b> | Projektnummer:<br><b>16.135.21</b> | <b>SBI</b><br>SCHMITZ + BEILKE<br>INGENIEURE GMBH |
| Art:<br><b>Wasserhaltung mit Horizontaldrainagen - WEA A</b> | Datum:<br><b>28.04.2016</b>   | <b>Anlage 1.2</b><br>Blatt 1       |   |

**Eingabewerte:**

Anmerkung: Eingabefelder grau hinterlegt

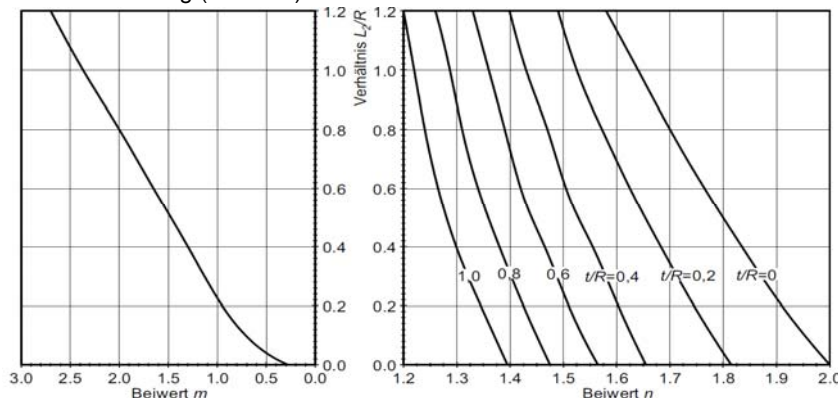
|  |                   |        |                                      |
|--|-------------------|--------|--------------------------------------|
| Geländeoberkante (GOK)                       | 0,00              | in m   |                                      |
| Grundwasserstand unter GOK                   | 0,00              | in m   |                                      |
| Bodenart                                     | Diverse           |        |                                      |
| Wasserdurchlässigkeitsbeiwert                | $k_f = 0,00000$   | in m/s | entspricht: 1,36E-07 in m/s          |
| Tiefenlage des wasserundurchlässigen Schicht | $T = 0,00$        | in m   |                                      |
| Baugrubentiefe ab GOK                        | 3,30              | in m   |                                      |
| Länge der Baugrube                           | $L_1 = 23,00$     | in m   |                                      |
| Breite der Baugrube                          | $L_2 = 23,00$     | in m   |                                      |
| Zuschlag zur Absenkung für trockene Baugrube | $\Delta s = 0,50$ | in m   | Anmerkung: üblicherweise 0,5 bis 1 m |

**Berechnungsergebnisse:**

|   |                |      |
|---|----------------|------|
| Absenkmaß   | $s = H = 3,80$ | in m |
| Rechenwert $t = H$ für $T > H$ oder $t = T$ für $T < H$ | $t = 0,00$     |      |
| Reichweite R für Beiwert $f = 1500$                     | $R_1 = 2,1$    | in m |
| Reichweite R für Beiwert $f = 1750$                     | $R_2 = 2,5$    | in m |
| Reichweite R für Beiwert $f = 2000$                     | $R_3 = 2,8$    | in m |

$$R = f \cdot s \cdot \sqrt{k_f}$$

Beiwertermittlung (m und n):



|    | $L_2 / R$ | $t / R$ |
|----|-----------|---------|
|    | in 1      | in 1    |
| R1 | 10,94     | 0,00    |
| R2 | 9,38      | 0,00    |
| R3 | 8,21      | 0,00    |

|    | m    | n    |
|----|------|------|
|    | in 1 | in 1 |
| R1 | 3,00 | 1,52 |
| R2 | 3,00 | 1,52 |
| R3 | 3,00 | 1,52 |

Berechnung der Wassermenge (stationärer Zustand):

|      |      |                      |
|------|------|----------------------|
| Q1 = | 0,10 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q2 = | 0,09 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q3 = | 0,08 | in m <sup>3</sup> /h |


$$Q = k_f \cdot H^2 \cdot \left[ \left( 1 + \frac{t}{H} \right) \cdot m + \frac{L_1}{R} \cdot \left( 1 + \frac{t}{H} \cdot n \right) \right]$$

Berechnung der Wassermenge (inkl. 10 % Zuschlag für schnelles Leerpumpen):

|      |      |                      |
|------|------|----------------------|
| Q1 = | 0,11 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q2 = | 0,10 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q3 = | 0,09 | in m <sup>3</sup> /h |

**Endergebnisse (gewählt):**

|                           |              |                      |
|---------------------------|--------------|----------------------|
| zu erwartende Wassermenge | <b>Q = 0</b> | in m <sup>3</sup> /h |
| zu erwartende Reichweite  | <b>R = 3</b> | in m                 |

|  |   |                                    |   |
|--|---|------------------------------------|---|
| Projekt:<br><b>Erweiterung Windpark Wiesmoor 2015-2016</b>   | Auftraggeber:<br><b>PSEEG<br/>         Korbweidenstraße 7<br/>         26605 Aurich</b> | Projektnummer:<br><b>16.135.21</b> |  |
| Art:<br><b>Wasserhaltung mit Horizontaldrainagen - WEA C</b> | Datum:<br><b>28.04.2016</b>   | <b>Anlage 1.3</b><br>Blatt 1       |   |

**Eingabewerte:**

Anmerkung: Eingabefelder grau hinterlegt

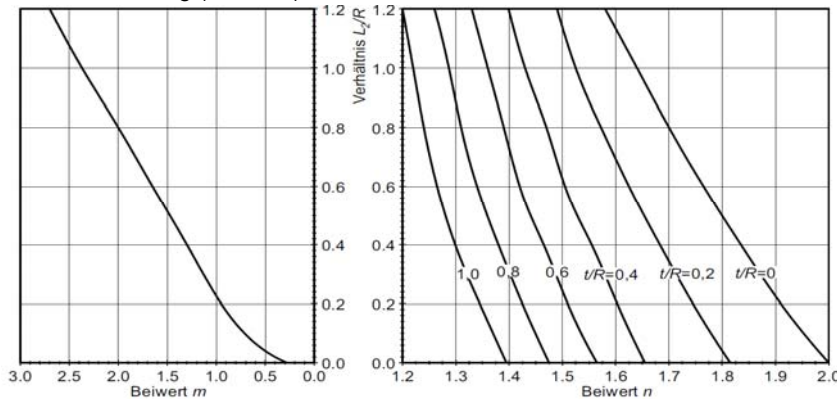
|  |              |         |        |             |                                      |
|--|--------------|---------|--------|-------------|--------------------------------------|
| Geländeoberkante (GOK)                       |              | 0,00    | in m   |             |                                      |
| Grundwasserstand unter GOK                   |              | 0,00    | in m   |             |                                      |
| Bodenart                                     |              | Diverse |        |             |                                      |
| Wasserdurchlässigkeitsbeiwert                | $k_f =$      | 0,00001 | in m/s | entspricht: | 1,39E-05 in m/s                      |
| Tiefenlage des wasserundurchlässigen Schicht | $T =$        | 0,00    | in m   |             |                                      |
| Baugrubentiefe ab GOK                        |              | 3,30    | in m   |             |                                      |
| Länge der Baugrube                           | $L_1 =$      | 23,00   | in m   |             |                                      |
| Breite der Baugrube                          | $L_2 =$      | 23,00   | in m   |             |                                      |
| Zuschlag zur Absenkung für trockene Baugrube | $\Delta s =$ | 0,50    | in m   |             | Anmerkung: üblicherweise 0,5 bis 1 m |

**Berechnungsergebnisse:**

|   |           |      |      |
|---|-----------|------|------|
| Absenkmaß   | $s = H =$ | 3,80 | in m |
| Rechenwert $t = H$ für $T > H$ oder $t = T$ für $T < H$ | $t =$     | 0,00 |      |
| Reichweite R für Beiwert $f = 1500$                     | $R_1 =$   | 21,3 | in m |
| Reichweite R für Beiwert $f = 1750$                     | $R_2 =$   | 24,8 | in m |
| Reichweite R für Beiwert $f = 2000$                     | $R_3 =$   | 28,3 | in m |

$$R = f \cdot s \cdot \sqrt{k_f}$$

Beiwertermittlung (m und n):



|    | $L_2 / R$ | $t / R$ |
|----|-----------|---------|
|    | in 1      | in 1    |
| R1 | 1,08      | 0,00    |
| R2 | 0,93      | 0,00    |
| R3 | 0,81      | 0,00    |

|    | m    | n    |
|----|------|------|
|    | in 1 | in 1 |
| R1 | 2,47 | 1,62 |
| R2 | 2,20 | 1,66 |
| R3 | 2,02 | 1,70 |

Berechnung der Wassermenge (stationärer Zustand):

|      |      |                      |
|------|------|----------------------|
| Q1 = | 2,56 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q2 = | 2,26 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q3 = | 2,04 | in m <sup>3</sup> /h |

$$Q = k_f \cdot H^2 \cdot \left[ \left( 1 + \frac{t}{H} \right) \cdot m + \frac{L_1}{R} \cdot \left( 1 + \frac{t}{H} \cdot n \right) \right]$$

Berechnung der Wassermenge (inkl. 10 % Zuschlag für schnelles Leerpumpen):

|      |      |                      |
|------|------|----------------------|
| Q1 = | 2,82 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q2 = | 2,49 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q3 = | 2,25 | in m <sup>3</sup> /h |

**Endergebnisse (gewählt):**

|                           |            |           |                      |
|---------------------------|------------|-----------|----------------------|
| zu erwartende Wassermenge | <b>Q =</b> | <b>3</b>  | in m <sup>3</sup> /h |
| zu erwartende Reichweite  | <b>R =</b> | <b>28</b> | in m                 |

|   |   |                                    |   |
|---|---|------------------------------------|---|
| Projekt:<br><b>Erweiterung Windpark Wiesmoor 2015-2016</b>    | Auftraggeber:<br><b>PSEEG<br/>Korbweidenstraße 7<br/>26605 Aurich</b> | Projektnummer:<br><b>16.135.21</b> | <b>SBI</b><br>SCHMITZ + BEILKE<br>INGENIEURE GMBH |
| Art:<br><b>Wasserhaltung mit Horizontaldrainagen - WEA 19</b> | Datum:<br><b>28.04.2016</b>   | <b>Anlage 1.4</b><br>Blatt 1       |   |

**Eingabewerte:**

Anmerkung: Eingabefelder grau hinterlegt

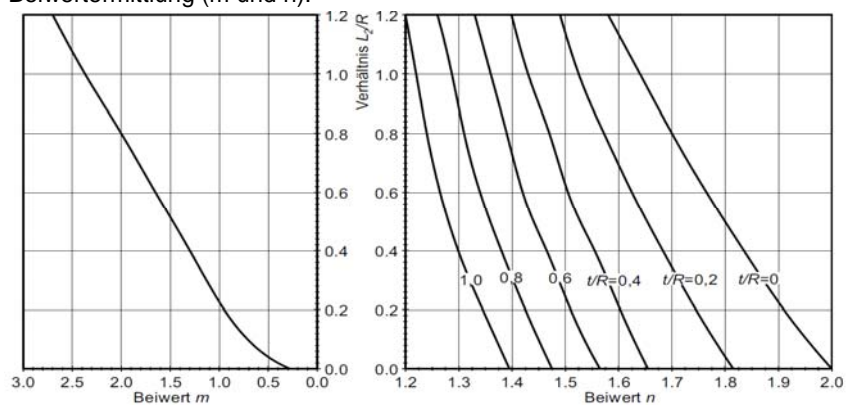
|  |              |         |        |                                      |
|--|--------------|---------|--------|--------------------------------------|
| Geländeoberkante (GOK)                       |              | 0,00    | in m   |                                      |
| Grundwasserstand unter GOK                   |              | 0,00    | in m   |                                      |
| Bodenart                                     |              | Diverse |        |                                      |
| Wasserdurchlässigkeitsbeiwert                | $k_f =$      | 0,00001 | in m/s | entspricht: 1,24E-05 in m/s          |
| Tiefenlage des wasserundurchlässigen Schicht | $T =$        | 0,00    | in m   |                                      |
| Baugrubentiefe ab GOK                        |              | 3,30    | in m   |                                      |
| Länge der Baugrube                           | $L_1 =$      | 23,00   | in m   |                                      |
| Breite der Baugrube                          | $L_2 =$      | 23,00   | in m   |                                      |
| Zuschlag zur Absenkung für trockene Baugrube | $\Delta s =$ | 0,50    | in m   | Anmerkung: üblicherweise 0,5 bis 1 m |

**Berechnungsergebnisse:**

|   |           |      |      |
|---|-----------|------|------|
| Absenkmaß   | $s = H =$ | 3,80 | in m |
| Rechenwert $t = H$ für $T > H$ oder $t = T$ für $T < H$ | $t =$     | 0,00 |      |
| Reichweite R für Beiwert $f = 1500$                     | $R_1 =$   | 20,1 | in m |
| Reichweite R für Beiwert $f = 1750$                     | $R_2 =$   | 23,4 | in m |
| Reichweite R für Beiwert $f = 2000$                     | $R_3 =$   | 26,8 | in m |

$$R = f \cdot s \cdot \sqrt{k_f}$$

Beiwertermittlung (m und n):



|    | $L_2 / R$ | $t / R$ |
|----|-----------|---------|
|    | in 1      | in 1    |
| R1 | 1,15      | 0,00    |
| R2 | 0,98      | 0,00    |
| R3 | 0,86      | 0,00    |

|    | m    | n    |
|----|------|------|
|    | in 1 | in 1 |
| R1 | 2,57 | 1,60 |
| R2 | 2,30 | 1,65 |
| R3 | 2,08 | 1,69 |

Berechnung der Wassermenge (stationärer Zustand):

|      |      |                      |
|------|------|----------------------|
| Q1 = | 2,39 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q2 = | 2,12 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q3 = | 1,90 | in m <sup>3</sup> /h |

$$Q = k_f \cdot H^2 \cdot \left[ \left( 1 + \frac{t}{H} \right) \cdot m + \frac{L_1}{R} \cdot \left( 1 + \frac{t}{H} \cdot n \right) \right]$$

Berechnung der Wassermenge (inkl. 10 % Zuschlag für schnelles Leerpumpen):

|      |      |                      |
|------|------|----------------------|
| Q1 = | 2,63 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q2 = | 2,33 | in m <sup>3</sup> /h |
| Q3 = | 2,09 | in m <sup>3</sup> /h |

**Endergebnisse (gewählt):**

|                           |            |           |                           |
|---------------------------|------------|-----------|---------------------------|
| zu erwartende Wassermenge | <b>Q =</b> | <b>3</b>  | <b>in m<sup>3</sup>/h</b> |
| zu erwartende Reichweite  | <b>R =</b> | <b>27</b> | <b>in m</b>               |