

Vordimensionierung der Grundwasserhaltung – Bericht Nr. 1

Projekt: WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 Windenergieanlagen
Projekt-Nr.: 3456
Leistung: Vordimensionierung der Grundwasserhaltungen für die Baugruben

Veranlassung

Die Projekt ÖkoveSt GmbH plant in der Gemeinde Bockhorn im Landkreis Friesland im nordwestlichen Niedersachsen südlich der Bundesautobahn A29 den Bau von 5 Windenergieanlagen im Windpark Hiddels Repowering.

BRP Consult erhielt den Auftrag für das Bauvorhaben auf Grundlage der vorliegenden Planungen eine Vordimensionierung der Grundwasserhaltungen durchzuführen, um mit den entstehenden Entnahmemengen kalkulieren zu können. Der zugehörige Bericht wird hiermit vorgelegt.

Abbildung 1: Geplante Anlagenstandorte im Windpark Hiddels Repowering



Verwendete Unterlagen

- [U1] BRP consult: Geotechnischer Bericht Nr. 2, „Windpark Hiddels Repowering - Neubau von 5 Windenergieanlagen, Vestas V150-5.6 MW 125 m NH“, 28. Dezember 2020
- [U2] Projektierungsgesellschaft für regenerative Energiesysteme mbH, Oldenburg
Übergebene Pläne und Unterlagen zu den Baugrubenplanungen, Dezember 2020

Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Im Rahmen der Baugrunderkundungen im Mai und Dezember 2020 wurde an den geplanten Anlagenstandorten und Kranstellflächen folgende generelle Bodenschichtung angetroffen:

Unter einer ca. 0,3 - 0,5 m mächtigen **Mutterbodenschicht**
folgen bis zu den Tiefen von ca. 2,0 - 20,9 m u. GOK Marine Ablagerungen
Fein-/Mittelsande, schluffig und **Klei**
sowie teilweise **Torf** eingelagert.

Danach folgen bis zur Endteufe von 25 m u. GOK **Mittelsande**, feinsandig,
schwach grobsandig, tlw. schwach schluffig.

In allen Bohrungen wurden zunächst kompressible marine Ablagerungen (schluffige Sande und Klei) teilweise mit Torf-Einlagerungen erkundet. Diese Böden sind zur Aufnahme der hohen Fundamentlasten aus den Windenergieanlagen nicht geeignet.

Unterlagernd stehen feinsandige Mittelsande in mitteldichter bis sehr dichter Lagerung an. Dieser Boden ist somit gut bis sehr gut tragfähig und zur Abtragung der Bauwerkslasten geeignet.

In den Rammbohrungen und Sondierungen wurden im Rahmen der Baugrunduntersuchungen im Mai und Dezember 2020 folgende Grundwasserstände festgestellt.

Tabelle 1: Grundwasserstände im Mai und Dezember 2020

WEA-Standort	WEA 1	WEA 2 _{neu}	WEA 3 _{neu}	WEA 4	WEA 5 _{neu}
GW [m u. GOK]	0,6 – 0,8 m	1,3 – 1,5 m	0,8 – 1,1 m	0,8 – 0,9 m	1,1 – 1,5 m

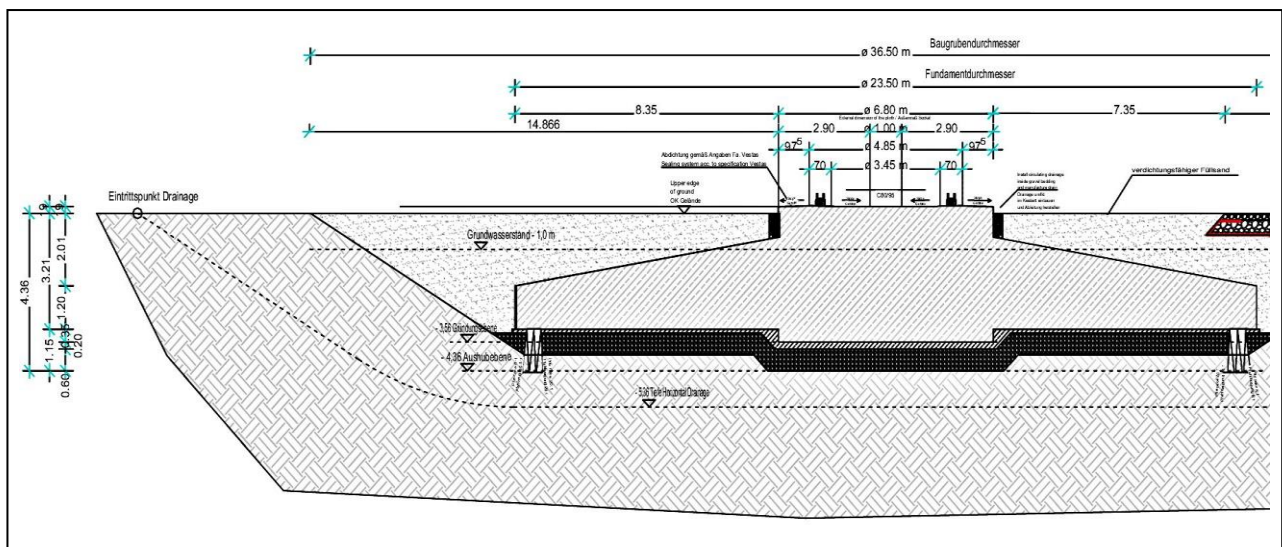
Grundsätzlich muss bei den weiteren Planungen mit noch höheren Grundwasserständen gerechnet werden. Erfahrungsgemäß ergeben sich die höchsten Grundwasserstände in den Herbst- und Frühjahrsmonaten.

Geplante Baugruben für WEA-Fundamente und Kranstellflächen

Die Baugruben müssen abgebösch mit einer Neigung von ca. 30-45° (je nach Witterungsverhältnissen) gem. DIN 4124 hergestellt werden. Es sind in den Baugruben ausreichend dimensionierte Arbeitsräume vorzusehen. Generell ist für ggf. erforderliche tiefere Baugruben, steilere Böschungen und Unterschreitung des Regelabstandes für Verkehrslasten nach DIN 4124 die Standsicherheit der Böschung gem. DIN 4084 nachzuweisen.

Aufgrund der angetroffenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse empfehlen wir eine optimal funktionierende Wasserhaltung z.B. mittels Brunnen und Horizontaldränagen, bei der bis mindestens 0,5m unter der Aushubsole entwässert wird.

Abbildung 2: Prinzipskizze der Baugrubenplanung zur Gründung der WEAs im WP Hiddels Repowering



Entsprechend den übergebenen Unterlagen [2] werden folgende Baugrubendimensionen im Zuge der Gründungen der Anlagenstandorte erforderlich:

- Baugruben für die WEA-Fundamente 1-5: Durchmesser = 36,50 m ... Aushubtiefe = 4,36 m

Der Beginn der tragfähigen Sande an den geplanten Standorten der Kranstellflächen kann der folgenden Tabelle entnommen werden. Bis zu diesen Tiefen muss jeweils ein Bodenaustausch und somit die Baugrubensohlen abgeteuft werden.

Tabelle 2: Beginn tragfähiger Sandbodens (TB) = Baugrubensohle an den Kranstellflächen

KSF-Standort	WEA 1 - KSF	WEA 2 _{neu} - KSF	WEA 3 _{neu} - KSF	WEA 4 - KSF	WEA 5 _{neu} - KSF
TB [m u. GOK]	ca. 0,80 m	ca. 1,6 m	ca. 1,6 m	ca. 1,8 m	ca. 2,5 m

Vordimensionierung der Grundwasserhaltungen

Aufgrund der inhomogenen marinen Ablagerungen in den geplanten Bebauungsbereichen schwankt der Durchlässigkeitsbeiwert im Bereich von cirka $k = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-9}$ m/s. Im Zuge der Auswertungen der Baugrunduntersuchungen wurden im Vorfeld für jede Baugrube die maßgebenden Kennwerte entsprechend der dort vorherrschenden Bodenschichtung bestimmt, gemittelt und in die Berechnungen integriert.

Die Vordimensionierung der Grundwasserhaltungen für die betreffenden Anlagenstandorte und Kranstellflächen wurde mit dem Programm „GGU-DRAWDOWN“ durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Datenblättern pro Baugrube zusammengefasst und als Anlagen 1 und 2 beigefügt.

Folgende Entnahmemengen sind cirka erforderlich, um in den Baugruben der Anlagenfundamente jeweils die Grundwasserfreiheit zu gewährleisten:

- Baugrube WEA 1: Wassermenge ca. 45 m³/h
- Baugrube WEA 2: Wassermenge ca. 14 m³/h
- Baugrube WEA 3: Wassermenge ca. 36 m³/h
- Baugrube WEA 4: Wassermenge ca. 13 m³/h
- Baugrube WEA 5: Wassermenge ca. 39 m³/h

Folgende Entnahmemengen sind cirka erforderlich, um in den Baugruben der Kranstellflächen jeweils die Grundwasserfreiheit zu gewährleisten:

- Baugrube Kranstellfläche WEA 1: Wassermenge ca. 5 m³/h
- Baugrube Kranstellfläche WEA 2: Wassermenge ca. 3 m³/h
- Baugrube Kranstellfläche WEA 3: Wassermenge ca. 7 m³/h
- Baugrube Kranstellfläche WEA 4: Wassermenge ca. 4 m³/h
- Baugrube Kranstellfläche WEA 5: Wassermenge ca. 24 m³/h

Die genannten Entnahmemengen sind Cirka-Werte und stark abhängig vom gewählten Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, dem Grundwasserstand zum Zeitpunkt der Absenkung sowie dem gewählten Grundwasserentnahmeverfahren. Zudem wurden eventuelle Interaktionen von parallel laufenden Grundwasserabsenkungen nicht berücksichtigt. Abweichungen sind deshalb möglich.

Die ermittelten Daten stellen somit eine lediglich Vordimensionierung für die weiteren Planungen dar. Nach VOB Teil C, DIN 18305, Abschnitt 3.2.1 ist es Aufgabe der ausführenden Baufirma, die Wasserhaltungsanlage vor der Ausführung zu bemessen. Die Bemessung sollte durch unser Büro vor dem Beginn der Maßnahmen geprüft werden.

Kostenschätzung

Folgende Cirka-Netto-Kosten wurden für die Grundwasserhaltungen von vergleichbaren Baugruben für Windenergieanlagen in der Vergangenheit erzeugt:

- Baustelleneinrichtung: ca. 7.500 – 10.000 Euro
- Installation der Vakuumfilter: ca. 60 – 80 Euro pro lfm Baugrubenumschließung
- Vorhaltekosten der GW-Anlagen: ca. 100 – 150 Euro pro Tag pro Baugrube
- Rohrleitungen zur Ableitung zum Vorfluter: ca. 20 – 30 Euro pro lfm

Zu den genannten Kosten kommen noch die Gebühren für den Beantragung sowie die Grundwasserentnahme sowie -ableitung hinzu. Außerdem entstehen kostenintensive Stromkosten.

Mit freundlichen Grüßen

BRP consult



Dipl.-Ing. S. Dahlmann

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Baugruben WEA 1-5 ... Datenblätter zur Ermittlung der Grundwasserentnahmemenge

Anlage 2: Baugruben WEA-KSF 1-5 ... Datenblätter zur Ermittlung der Grundwasserentnahmemenge

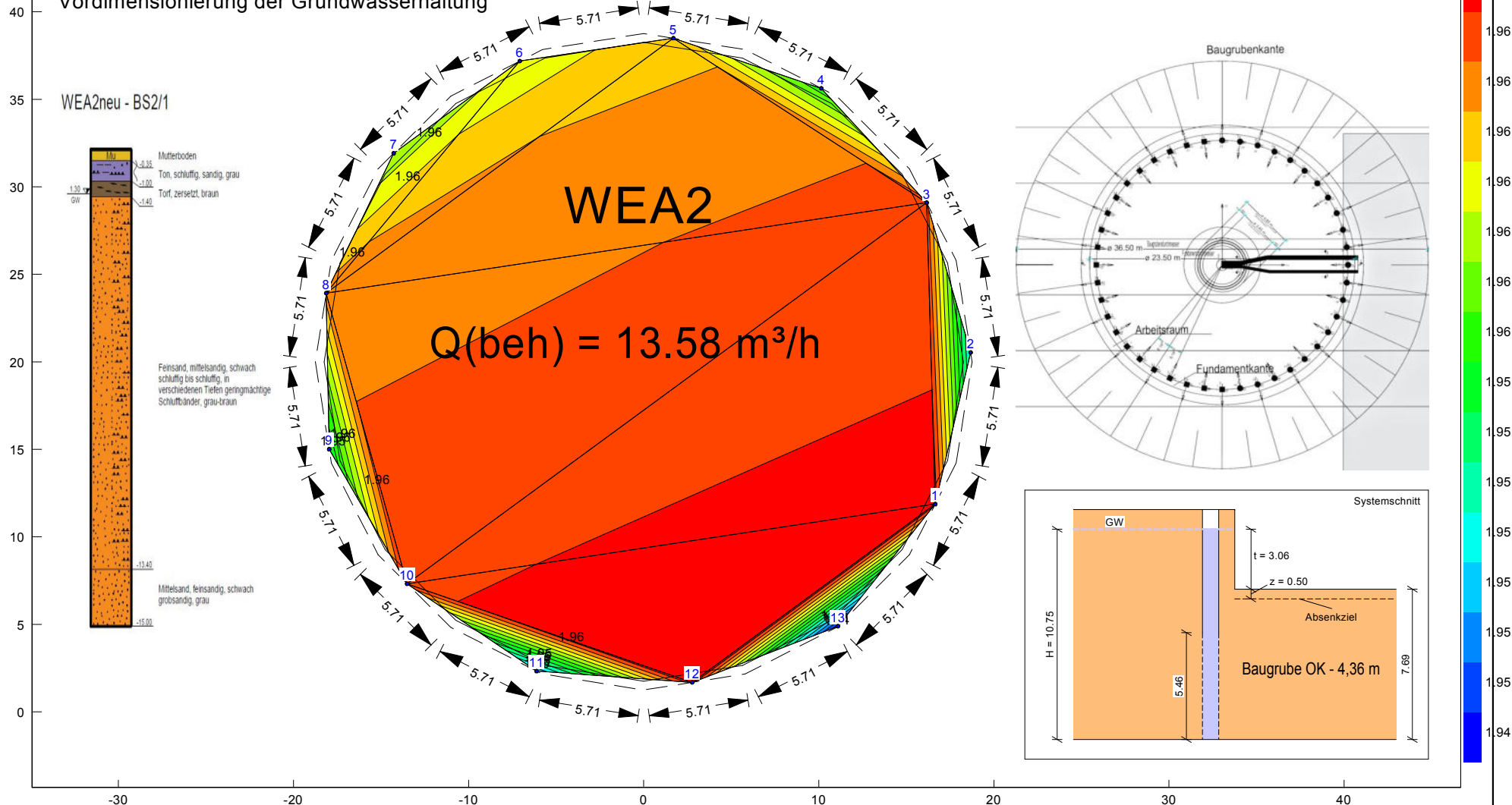
ANLAGE 1 BAUGRUBEN WEA 1-5 ...
DATENBLÄTTER ZUR ERMITTLUNG DER
GRUNDWASSERENTNAHMEMENGE

Eingabedaten:
 k-Wert = 2.0E-5 m/s
 Strecke H (= OK GW bis UK Filter) = 10.75 m
 Tiefe t der Baugrube unter GW = 3.06 m
 Gef. Absenkung unter Baugrubensohle z = 0.50 m
 Faktor $\alpha = 1.10$ für Q(beh)
 Faktor $\beta = 1.20$ für unvollk. Brunnen
 Q(beh) = $\alpha \times \beta \times Q$

Ergebnisse:
 Isolinen
 Absenkungen [m] unter Baugrubensohle
 Absenkung Schwerpkt. Baugrube 1.12 m u BGS
 Absenkung in UP = 0.96 m u BGS
 Brunnenradius r = 0.100 m
 Q(beh) = 13.58 m³/h
 Vorh. benetzte Filterstrecke h' = 5.46 m
 Erf. benetzte Filterstrecke h' = 1.55 m
 Fassungsvermögen eines Brunnen = 3.68 m³/h
 Brunnenanzahl = 13
 Reichweite R = 79.2 m (nach Weyrauch)
 Ersatzradius A = 18.60 m (= $\sqrt{[Fläche / \pi]}$)

WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 WEAs

Vordimensionierung der Grundwasserhaltung



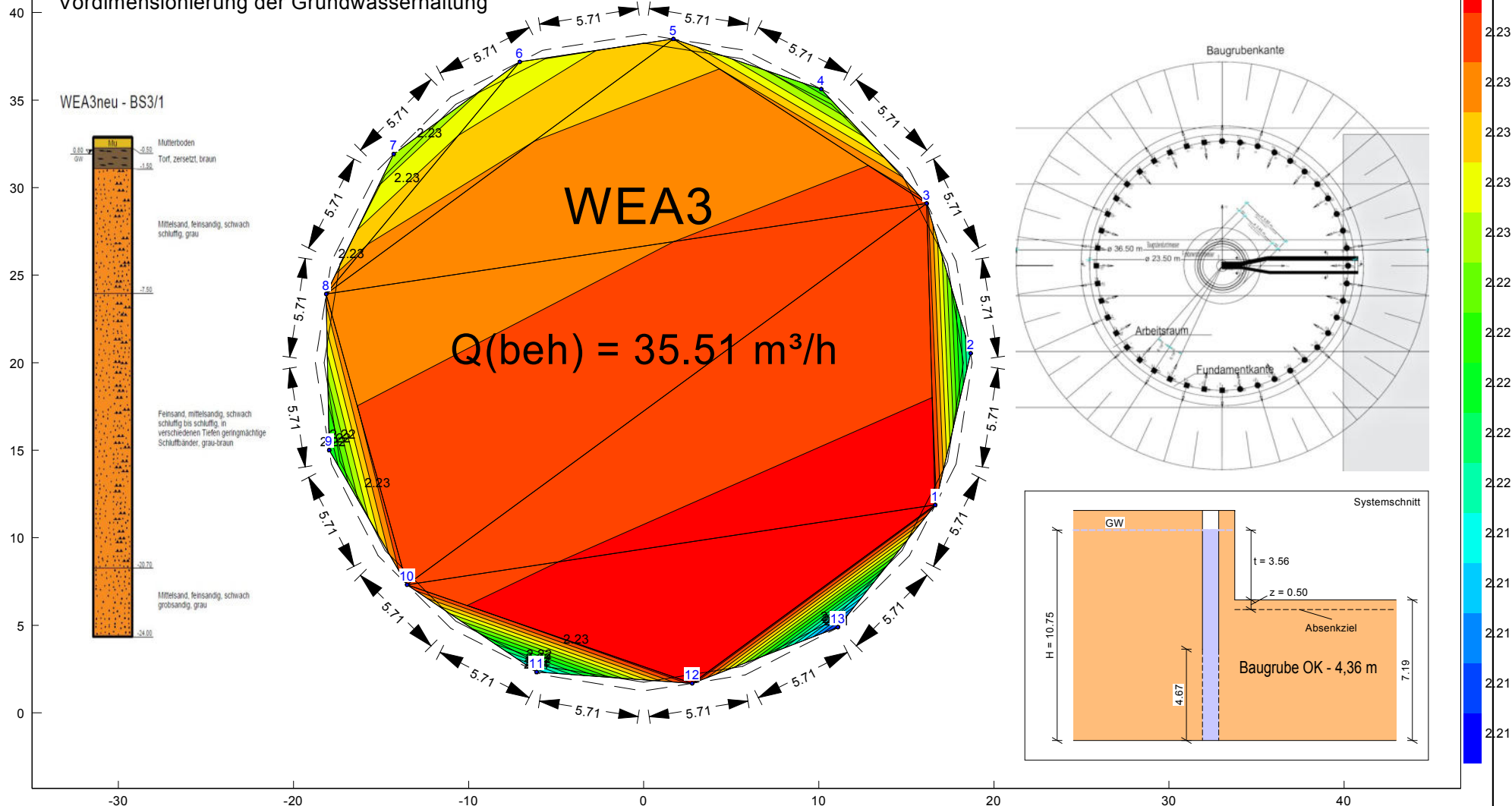
Eingabedaten:
 k-Wert = $5.0E-5$ m/s
 Strecke H (= OK GW bis UK Filter) = 10.75 m
 Tiefe t der Baugrube unter GW = 3.56 m
 Gef. Absenkung unter Baugrubensohle z = 0.50 m
 Faktor $\alpha = 1.10$ für Q(beh)
 Faktor $\beta = 1.20$ für unvollk. Brunnen
 Q(beh) = $\alpha \times \beta \times Q$

Ergebnisse:
 Isolinen
 Absenkungen [m] unter Baugrubensohle
 Absenkung Schwerpkt. Baugrube 1.24 m u BGS
 Absenkung in UP = 1.05 m u BGS
 Brunnenradius r = 0.100 m
 Q(beh) = 35.51 m³/h
 Vorh. benetzte Filterstrecke h' = 4.67 m
 Erf. benetzte Filterstrecke h' = 2.56 m
 Fassungsvermögen eines Brunnens = 4.98 m³/h
 Brunnenanzahl = 13
 Reichweite R = 86.1 m (nach Sichardt)
 Ersatzradius A = 18.60 m ($= \sqrt{[Fläche / \pi]}$)



WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 WEAs

Vordimensionierung der Grundwasserhaltung



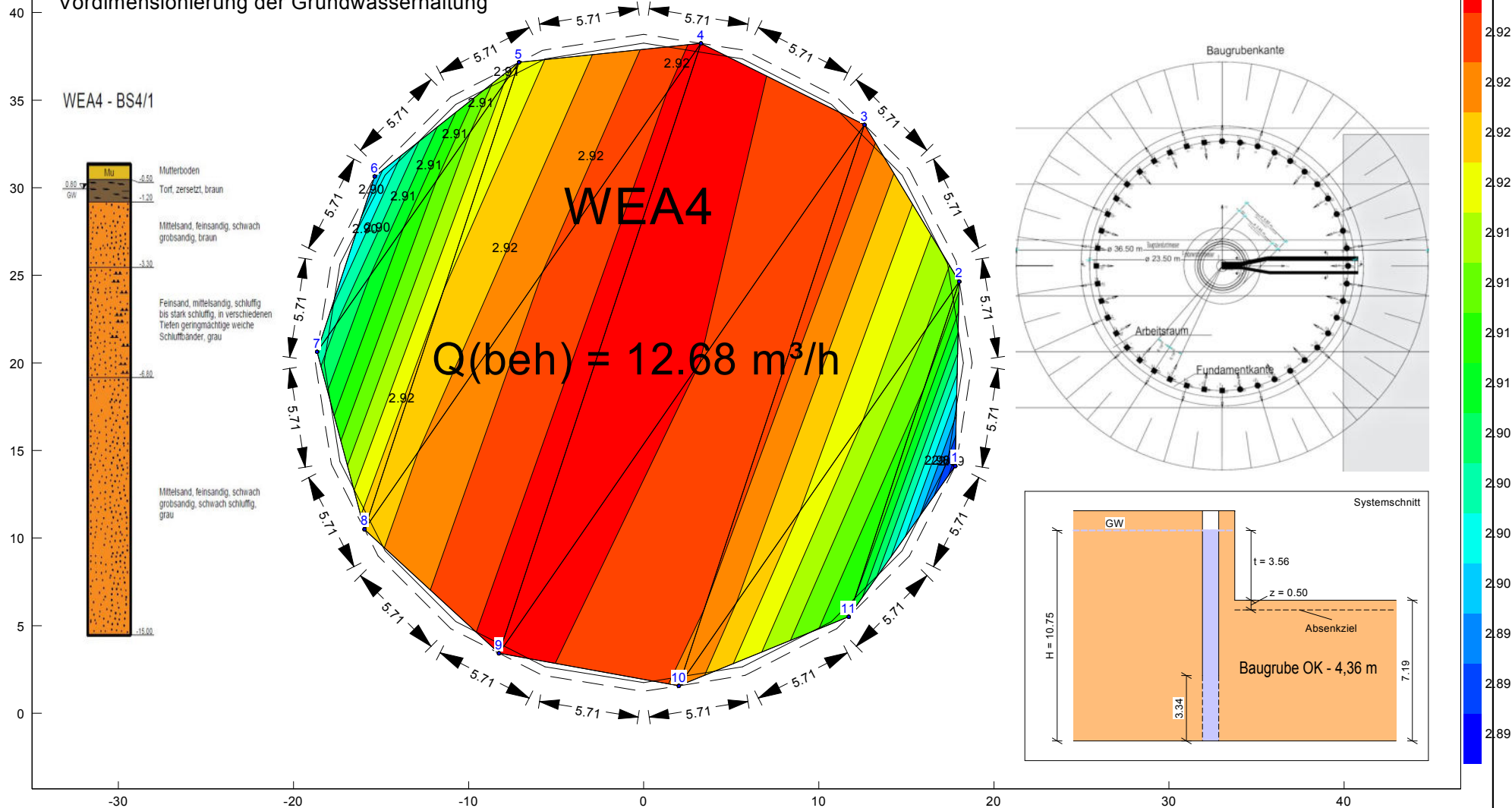
Eingabedaten:
 k-Wert = 1.5E-5 m/s
 Strecke H (= OK GW bis UK Filter) = 10.75 m
 Tiefe t der Baugrube unter GW = 3.56 m
 Gef. Absenkung unter Baugrubensohle z = 0.50 m
 Faktor $\alpha = 1.10$ für Q(beh)
 Faktor $\beta = 1.20$ für unvollk. Brunnen
 Q(beh) = $\alpha \times \beta \times Q$

Ergebnisse:
 Isolinen
 Absenkungen [m] unter Baugrubensohle
 Absenkung Schwerpkt. Baugrube 1.33 m u BGS
 Absenkung in UP = 1.05 m u BGS
 Brunnenradius r = 0.100 m
 Q(beh) = 12.68 m³/h
 Vorh. benetzte Filterstrecke h' = 3.34 m
 Erf. benetzte Filterstrecke h' = 1.97 m
 Fassungsvermögen eines Brunnens = 1.95 m³/h
 Brunnenanzahl = 11
 Reichweite R = 68.6 m (nach Weyrauch)
 Ersatzradius A = 18.60 m (= $\sqrt{[Fläche / \pi]}$)



WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 WEAs

Vordimensionierung der Grundwasserhaltung



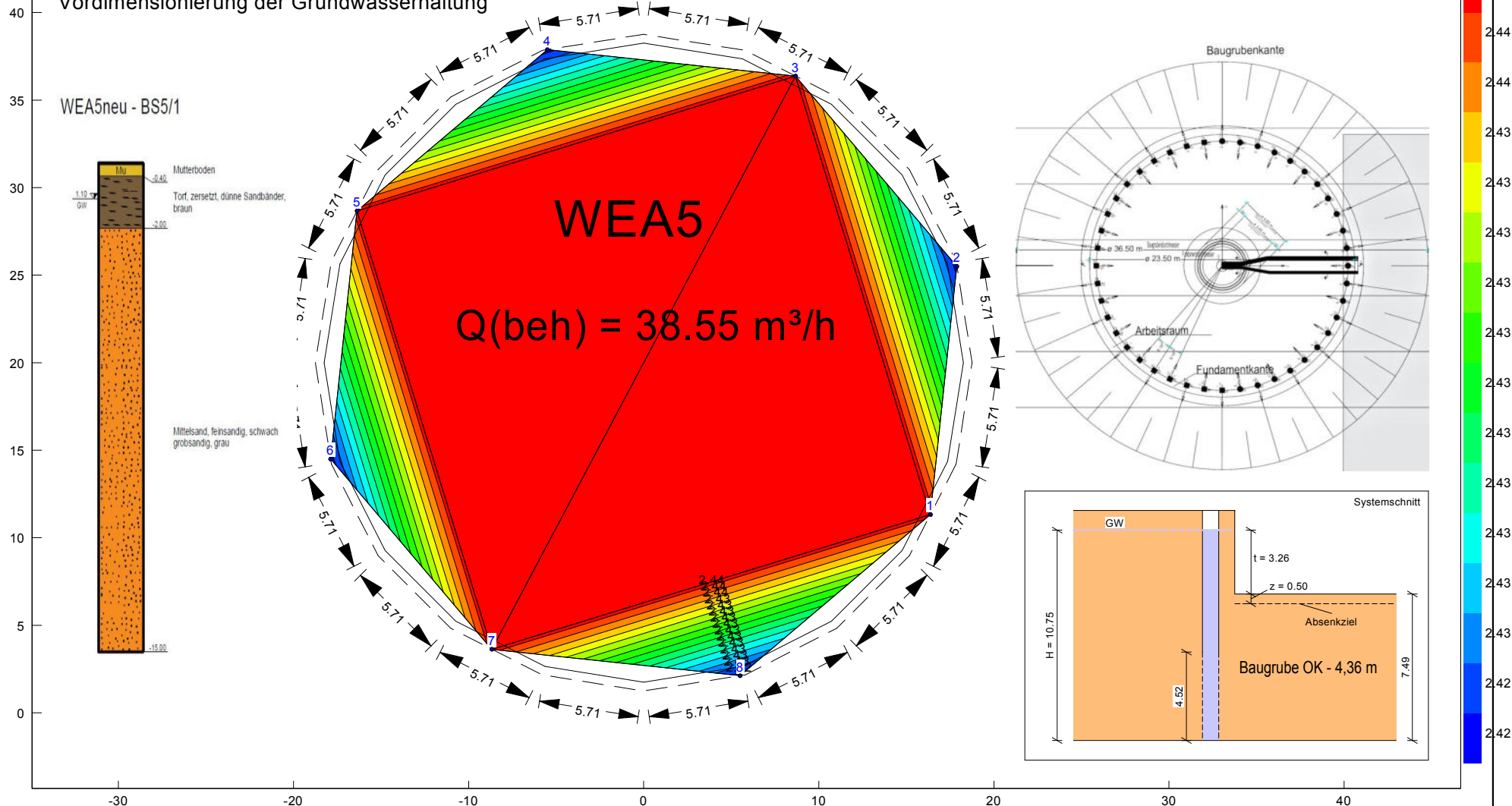
Eingabedaten:
 k-Wert = $8.0E-5$ m/s
 Strecke H (= OK GW bis UK Filter) = 10.75 m
 Tiefe t der Baugrube unter GW = 3.26 m
 Gef. Absenkung unter Baugrubensohle z = 0.50 m
 Faktor $\alpha = 1.10$ für Q(beh)
 Faktor $\beta = 1.20$ für unvollk. Brunnen
 Q(beh) = $\alpha \times \beta \times Q$

Ergebnisse:
 Isolinen
 Absenkungen [m] unter Baugrubensohle
 Absenkung Schwerpkt. Baugrube 1.20 m u BGS
 Absenkung in UP = 0.99 m u BGS
 Brunnenradius r = 0.100 m
 Q(beh) = $38.55 \text{ m}^3/\text{h}$
 Vorh. benetzte Filterstrecke $h' = 4.52$ m
 Erf. benetzte Filterstrecke $h' = 3.57$ m
 Fassungsvermögen eines Brunnens = $6.10 \text{ m}^3/\text{h}$
 Brunnenanzahl = 8
 Reichweite R = 158.4 m (nach Weyrauch)
 Ersatzradius A = 18.60 m ($= \sqrt{[\text{Fläche} / \text{Pi}]}$)



WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 WEAs

Vordimensionierung der Grundwasserhaltung



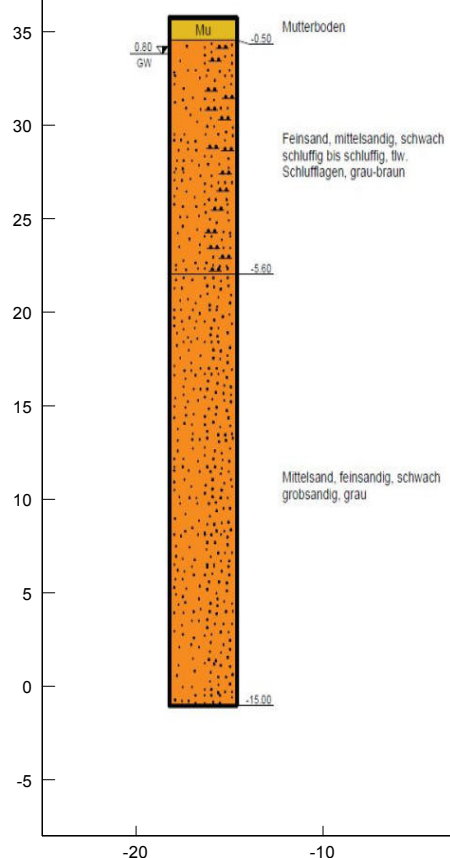
**ANLAGE 2 BAUGRUBEN WEA-KRANSTELLFLÄCHEN 1-5 ...
DATENBLÄTTER ZUR ERMITTLUNG DER
GRUNDWASSERENTNAHMEMENGE**

Eingabedaten:
 k-Wert = 7.0E-5 m/s
 Strecke H (= OK GW bis UK Filter) = 6.00 m
 Tiefe t der Baugrube unter GW = 0.20 m
 Gef. Absenkung unter Baugrubensohle z = 0.50 m
 Faktor $\alpha = 1.10$ für Q(beh)
 Faktor $\beta = 1.20$ für unvollk. Brunnen
 Q(beh) = $\alpha \times \beta \times Q$

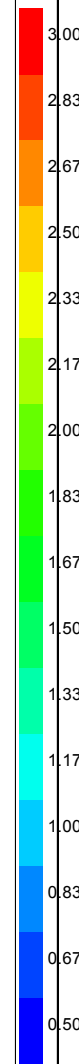
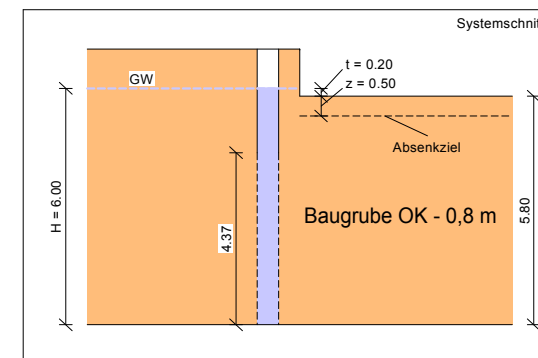
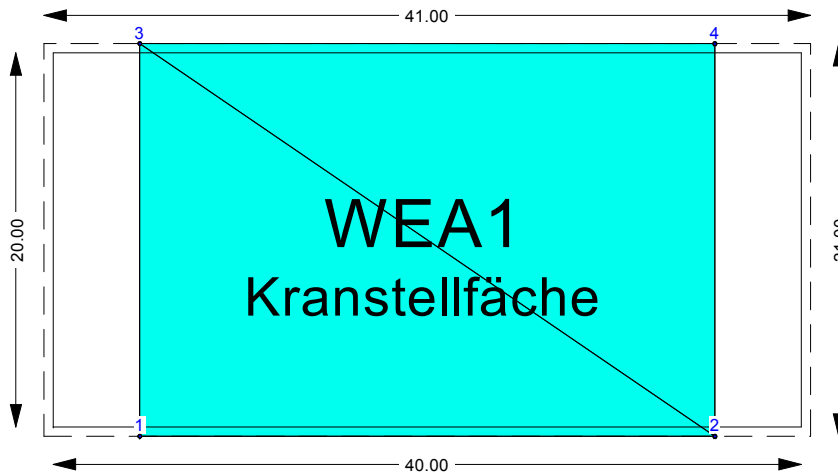
Ergebnisse:
 Isolinien
 Absenkungen [m] unter Baugrubensohle
 Absenkung in Baugrubenmitte 0.62 m u BGS
 Absenkung in UP = 0.58 m u BGS
 Brunnenradius r = 0.100 m
 Q(beh) = 4.91 m³/h
 Vorh. benetzte Filterstrecke h' = 4.37 m
 Erf. benetzte Filterstrecke h' = 0.97 m
 Fassungsvermögen eines Brunnens = 5.51 m³/h
 Brunnenanzahl = 4
 Reichweite R = 110.7 m (nach Weyrauch)
 Ersatzradius A = 16.55 m (= $\sqrt{[Fläche / \pi]}$)

WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 WEAs Vordimensionierung der Grundwasserhaltung

WEA1 - BS1/2 Kran



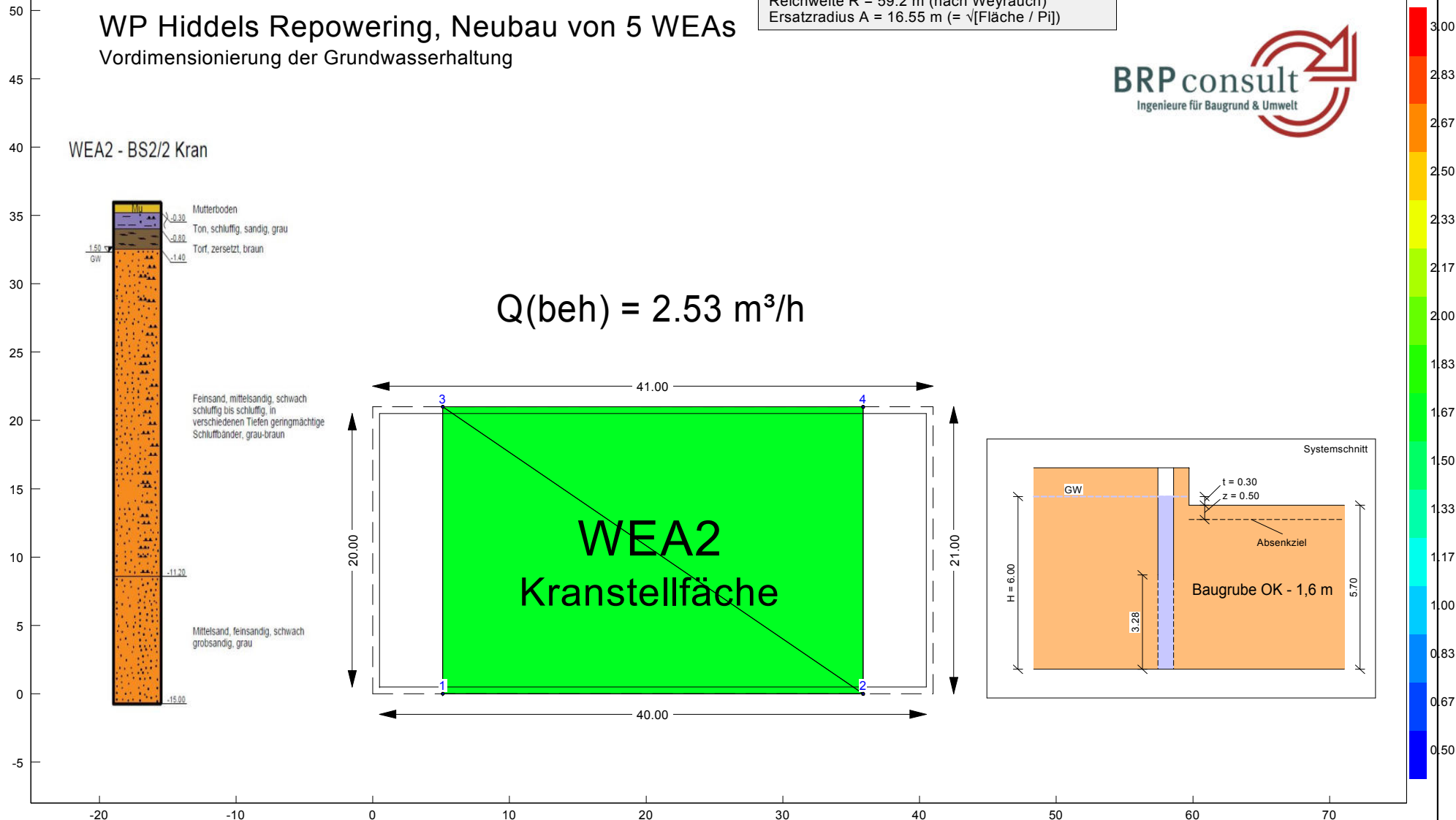
Q(beh) = 4.91 m³/h



Eingabedaten:
 k-Wert = 2.0E-5 m/s
 Strecke H (= OK GW bis UK Filter) = 6.00 m
 Tiefe t der Baugrube unter GW = 0.30 m
 Gef. Absenkung unter Baugrubensohle z = 0.50 m
 Faktor $\alpha = 1.10$ für Q(beh)
 Faktor $\beta = 1.20$ für unvollk. Brunnen
 Q(beh) = $\alpha \times \beta \times Q$

Ergebnisse:
 Isolinien
 Absenkungen [m] unter Baugrubensohle
 Absenkung in Baugrubenmitte 0.68 m u BGS
 Absenkung in UP = 0.59 m u BGS
 Brunnenradius r = 0.100 m
 Q(beh) = 2.53 m³/h
 Vorh. benetzte Filterstrecke h' = 3.28 m
 Erf. benetzte Filterstrecke h' = 0.94 m
 Fassungsvermögen eines Brunnens = 2.21 m³/h
 Brunnenanzahl = 4
 Reichweite R = 59.2 m (nach Weyrauch)
 Ersatzradius A = 16.55 m (= $\sqrt{[Fläche / \pi]}$)

WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 WEAs Vordimensionierung der Grundwasserhaltung

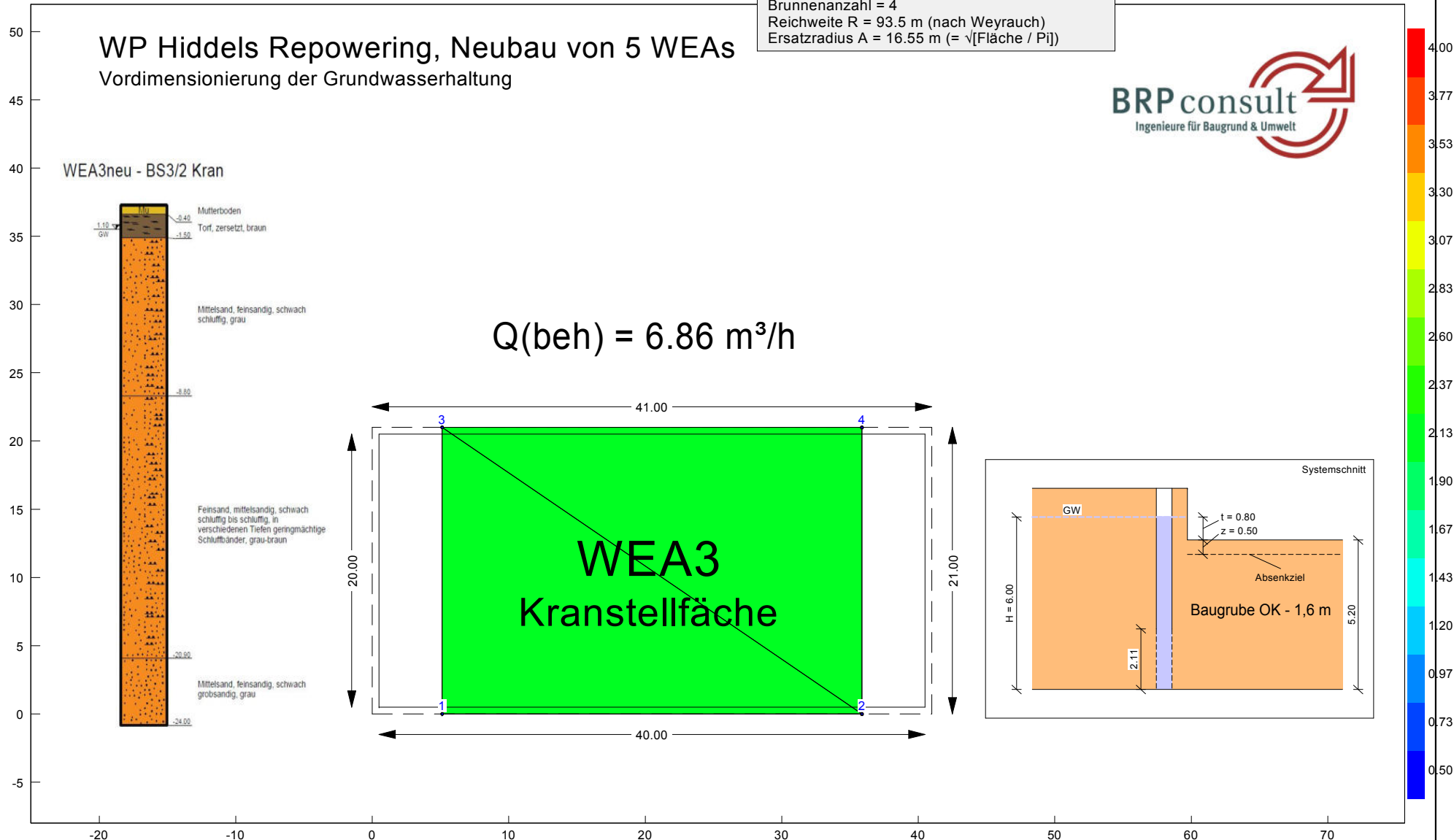


Eingabedaten:
 k-Wert = $5.0E-5$ m/s
 Strecke H (= OK GW bis UK Filter) = 6.00 m
 Tiefe t der Baugrube unter GW = 0.80 m
 Gef. Absenkung unter Baugrubensohle z = 0.50 m
 Faktor $\alpha = 1.10$ für Q(beh)
 Faktor $\beta = 1.20$ für unvollk. Brunnen
 Q(beh) = $\alpha \times \beta \times Q$

Ergebnisse:
 Isolinien
 Absenkungen [m] unter Baugrubensohle
 Absenkung in Baugrubenmitte 0.76 m u BGS
 Absenkung in UP = 0.65 m u BGS
 Brunnenradius r = 0.100 m
 Q(beh) = 6.86 m³/h
 Vorh. benetzte Filterstrecke h' = 2.11 m
 Erf. benetzte Filterstrecke h' = 1.61 m
 Fassungsvermögen eines Brunnens = 2.25 m³/h
 Brunnenanzahl = 4
 Reichweite R = 93.5 m (nach Weyrauch)
 Ersatzradius A = 16.55 m (= $\sqrt{[Fläche / \pi]}$)

WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 WEAs

Vordimensionierung der Grundwasserhaltung



Eingabedaten:
 k-Wert = 1.5E-5 m/s
 Strecke H (= OK GW bis UK Filter) = 6.00 m
 Tiefe t der Baugrube unter GW = 1.00 m
 Gef. Absenkung unter Baugrubensohle z = 0.50 m
 Faktor $\alpha = 1.10$ für Q(beh)
 Faktor $\beta = 1.20$ für unvollk. Brunnen
 Q(beh) = $\alpha \times \beta \times Q$

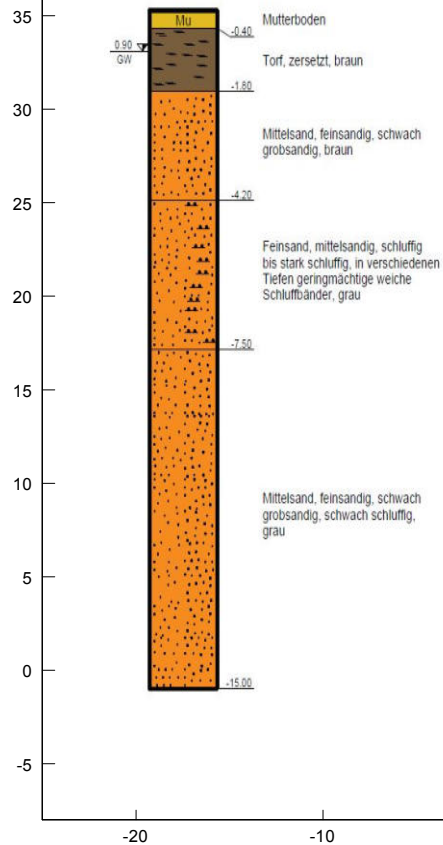
Ergebnisse:
 Isolinien
 Absenkungen [m] unter Baugrubensohle
 Absenkung in Baugrubenmitte 0.91 m u BGS
 Absenkung in UP = 0.68 m u BGS
 Brunnenradius r = 0.100 m
 Q(beh) = 3.62 m³/h
 Vorh. benetzte Filterstrecke h' = 2.54 m
 Erf. benetzte Filterstrecke h' = 0.78 m
 Fassungsvermögen eines Brunnens = 1.48 m³/h
 Brunnenanzahl = 8
 Reichweite R = 51.2 m (nach Weyrauch)
 Ersatzradius A = 16.55 m (= $\sqrt{[Fläche / \pi]}$)



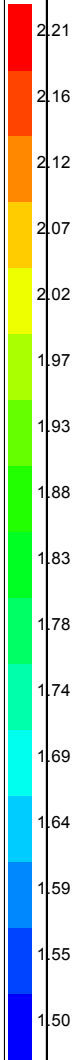
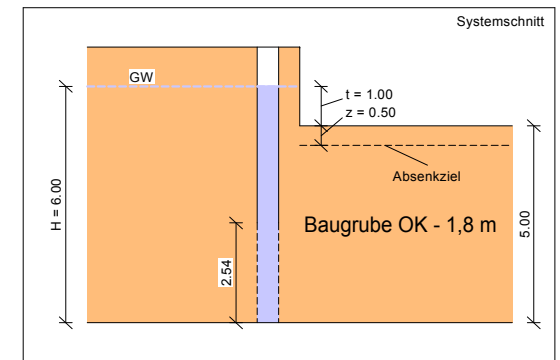
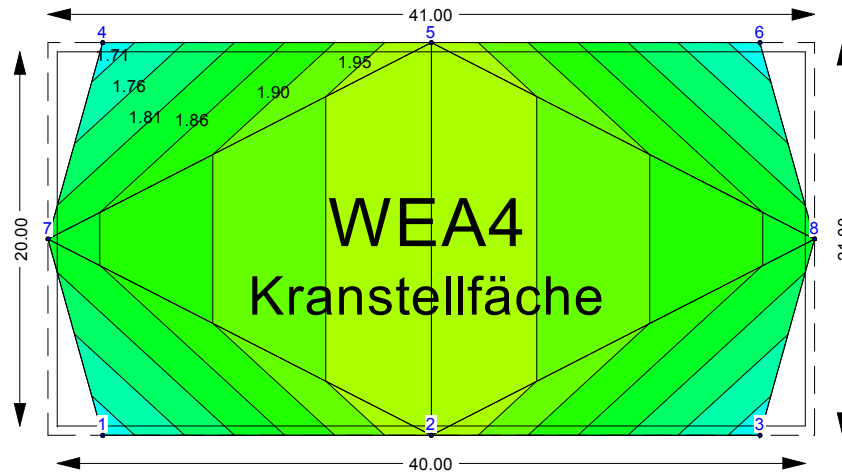
WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 WEAs

Vordimensionierung der Grundwasserhaltung

WEA4 - BS4/2 Kran



$Q(\text{beh}) = 3.62 \text{ m}^3/\text{h}$



Eingabedaten:
 k-Wert = $8.0E-5$ m/s
 Strecke H (= OK GW bis UK Filter) = 6.00 m
 Tiefe t der Baugrube unter GW = 1.40 m
 Gef. Absenkung unter Baugrubensohle z = 0.50 m
 Faktor $\alpha = 1.10$ für Q(beh)
 Faktor $\beta = 1.20$ für unvollk. Brunnen
 Q(beh) = $\alpha \times \beta \times Q$

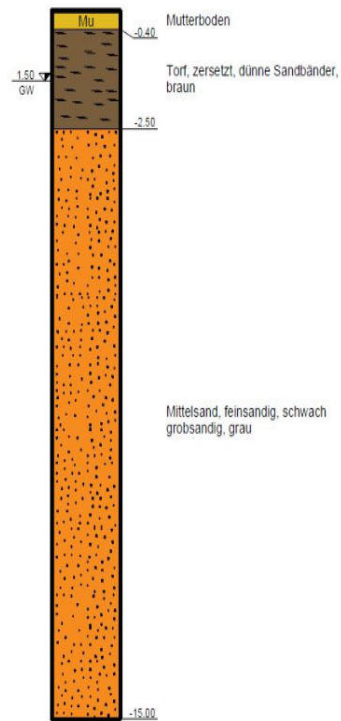
Ergebnisse:
 Isolinien
 Absenkungen [m] unter Baugrubensohle
 Absenkung in Baugrubenmitte 0.97 m u BGS
 Absenkung in UP = 0.74 m u BGS
 Brunnenradius r = 0.100 m
 Q(beh) = 23.85 m³/h
 Vorh. benetzte Filterstrecke h' = 2.04 m
 Erf. benetzte Filterstrecke h' = 1.77 m
 Fassungsvermögen eines Brunnens = 2.76 m³/h
 Brunnenanzahl = 10
 Reichweite R = 51.0 m (nach Sichardt)
 Ersatzradius A = 16.55 m (= $\sqrt{[Fläche / \pi]}$)

WP Hiddels Repowering, Neubau von 5 WEAs

Vordimensionierung der Grundwasserhaltung

50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
-5

WEA5neu - BS5/2 Kran



Q(beh) = 23.85 m³/h

