

Übung

Wasserversorgung II Brunnenberechnung

Zum Verwenden bitte Ausdrucken

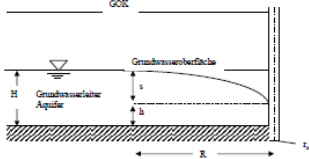
UNIVERSITÄT SIEGEN
 Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät
 Bauingenieurwesen
 Abwasser- und Abfalltechnik
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst Görg

Übung: Modul Wasserversorgung
 Thema: Brunnenberechnung: ungespanntes Grundwasser (vertikale Fassung)

Dimensionierung einer Brunnenanlage zur Wasserversorgung

Gegeben:

Grundwassermächtigkeit :	H	=	15 m
Durchlässigkeitsbeiwert:	k_D	=	5×10^{-3} (Sand)
Bohrerdurchmesser:	d_w	=	1,0 m
Filterdurchmesser:	d_f	=	0,6 m



Gesucht:

- Stellen Sie die Ergiebigkeit und das Fassungsvermögen grafisch dar!
- Ermitteln Sie den gewinnbaren Zufluss! Welche Absenkung stellt sich beim Betrieb ein?

Blatt 1:
 Aufgabe
 Lösung

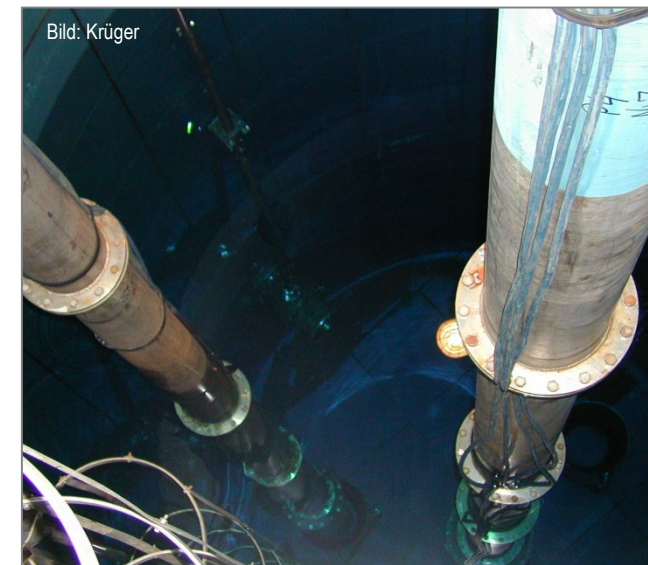
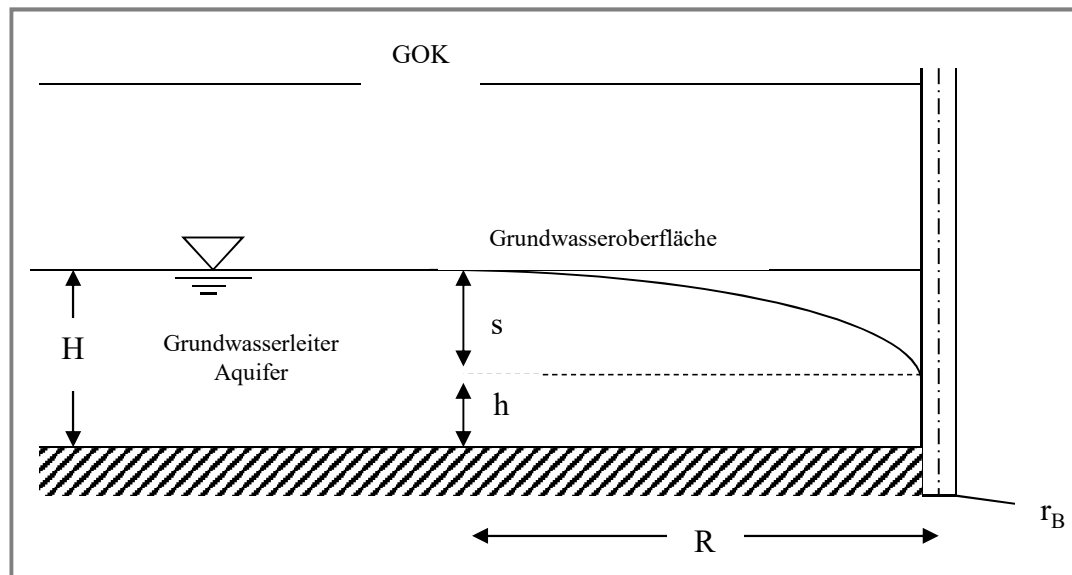
Brunnenberechnung „**Grundlagen**“

- **Einzelbrunnen** oder *(Mehr-)Brunnengalerie*
- **Vertikale Fassung** oder *Horizontalbrunnen*
- **Ungespannter** oder *gespannter Grundwasserleiter*
- **Vollkommener** oder *unvollkommener Brunnen*

vgl. andere Fächer: Hydrologie, Grundbau etc.

Begriffe bzw. verwendete Parameter:

- Ergiebigkeit „ Q_e “
- Fassungsvermögen „ Q_f “
- Reichweite „ R “
- Brunnenradius „ r “
- Durchlässigkeitsbeiwert „ k_f “
- Grundwassermächtigkeit „ H “
- Absenktiefe „ s “
- Wasserstand im Brunnen „ h “
- Gewinnbarer Zufluss „ Q_g “
- Absenktiefe beim Betrieb „ s_{opt} “



- Fassungsvermögen Q_f : lineare Funktion vom Wasserstand „h“
- **Fassungsvermögen** ohne Sicherheit gegen Versanden:

$$Q_f = \frac{2}{15} \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot \sqrt{k_f}$$

$$v_f = k_f \cdot I_{krit}$$

$$I_{krit} = \frac{1}{15 \cdot \sqrt{k_f}}$$

$$Q_f = A_f \cdot v_f$$

- Fassungsvermögen mit Sicherheit gegen Versanden:

$$Q_f' = \frac{Q_f}{2} \longrightarrow Q_f' = \frac{2}{30} \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot \sqrt{k_f}$$

bzw. Förderung des „halben“ gewinnbaren Zuflusses!

- **Ergiebigkeit** Q_e : Parabelfunktion vom Wasserstand „h“ (Dupuit-Thiem)
- Ergiebigkeitsparabel

Formel Herleitung

$$Q_e = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}$$

$$\frac{H^2 - h^2}{2} = \frac{Q}{k_f \cdot 2 \cdot \pi} \cdot [\ln R - \ln r]$$

$$\left[\frac{y^2}{2} \right]_h^H = \frac{Q}{k_f \cdot 2 \cdot \pi} \cdot [\ln x]_r^R$$

$$Q = v \cdot A = k_f \cdot I \cdot A$$

$$Q = k_f \cdot \frac{\partial y}{\partial x} \cdot A$$

$$Q = k_f \cdot \frac{\partial y}{\partial x} \cdot 2 \cdot x \cdot \pi \cdot y$$

$$\int_h^H y \cdot \partial y = \frac{Q}{k_f \cdot 2 \cdot \pi} \cdot \int_r^R \frac{\partial x}{x}$$

- **Reichweite** einer Brunnenabsenkung: (empirisch nach Sichardt, 1929)

$$R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k_f}$$

$$Q_e = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}$$

$$Q_e = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{3000 \cdot s \cdot \sqrt{k_f}}{r}\right)}$$

$$r = \frac{r_i + r_a}{2}$$

r_a = Bohrlochradius
 r_i = Innenrohrradius



Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät
Bauingenieurwesen
Abwasser- und Abfalltechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst Görg

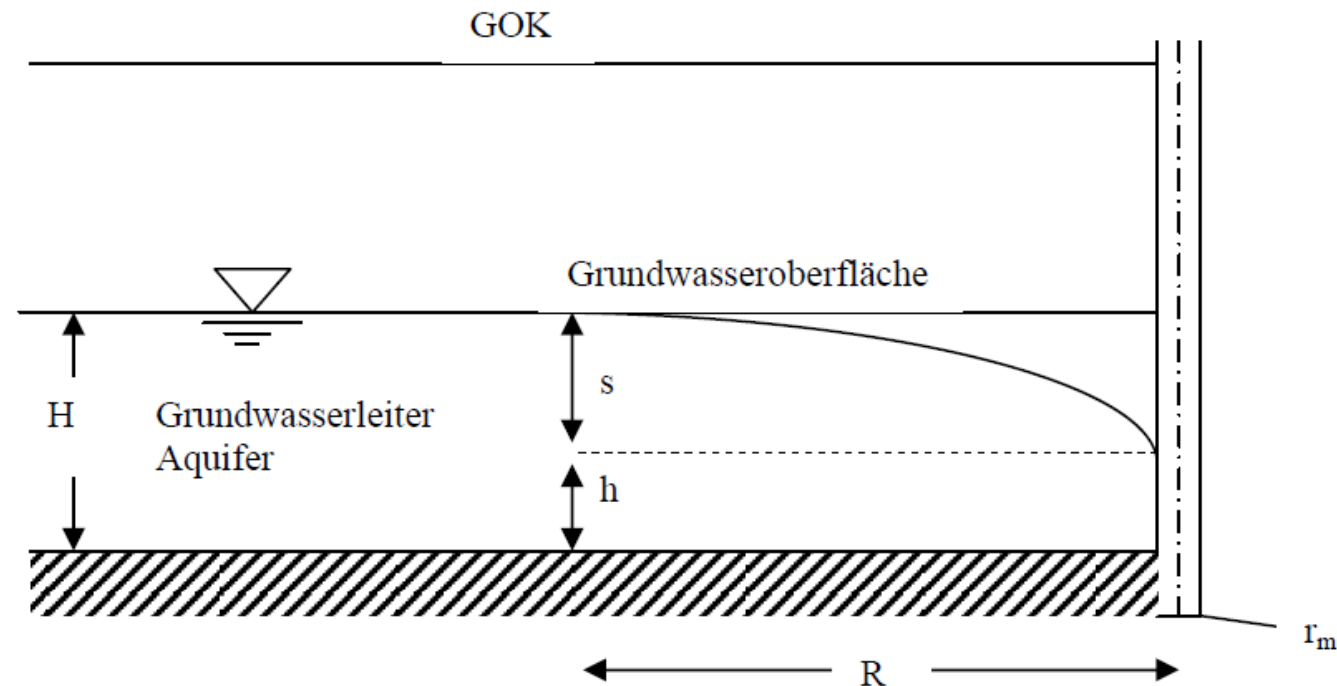
Übung:

Modul Wasserversorgung

Thema: Brunnenberechnung: ungespanntes Grundwasser (vertikale Fassung)

Dimensionierung einer Brunnenanlage zur Wasserversorgung

Gegeben:	Grundwassermächtigkeit :	H	=	15 m
	Durchlässigkeitsbeiwert:	k_f	=	5×10^{-3} (Sand)
	Bohrendurchmesser:	d_a	=	1,0 m
	Filterdurchmesser:	d_i	=	0,6 m



Gesucht:

- Stellen Sie die Ergiebigkeit und das Fassungsvermögen grafisch dar!
- Ermitteln Sie den gewinnbaren Zufluss! Welche Absenkung stellt sich beim Betrieb ein?

a) Grafische Darstellung Q als $f(h)$ bzw. Q als $f(s)$

1. Fassungsvermögen: Lineare Funktion $\Rightarrow$ Gerade mit 2 Punkten

$$Q_f = \frac{2}{15} \times \pi \times r \times h \times \sqrt{k_f} \quad \text{variable Größen}$$

$$Q_f = \frac{2}{15} \times 3,14 \times 0,4 \times h \times \sqrt{5 \times 10^{-3}} = 0,01184 \times h$$

Q_f (h=15m, s=0m) keine Absenkung = max. Fassungsvermögen

Q_f (h=0m, s=15m) komplette Absenkung = min. Fassungsvermögen

$$h=15\text{m}: Q_f = 0,01184 \times 15 = 0,177 \text{ m}^3/\text{s} = 177 \text{ l/s}$$

$$h=0\text{m}: Q_f = 0,01184 \times 0 = 0 \text{ m}^3/\text{s} = 0 \text{ l/s}$$

2. Ergiebigkeit: Parabelfunktion $\Rightarrow$ *Kurve mit 3 Punkten*

$$Q_e = \frac{\pi \times k_f \times (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} \quad \text{mit} \quad R = 3.000 \times s \times \sqrt{k_f}$$

$$Q_e = \frac{\pi \times k_f \times (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{3000 \times s \times \sqrt{k_f}}{r}\right)}$$

variable Größen



$$Q_e = \frac{\pi \times k_f \times (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{3000 \times (H - h) \times \sqrt{k_f}}{r}\right)}$$

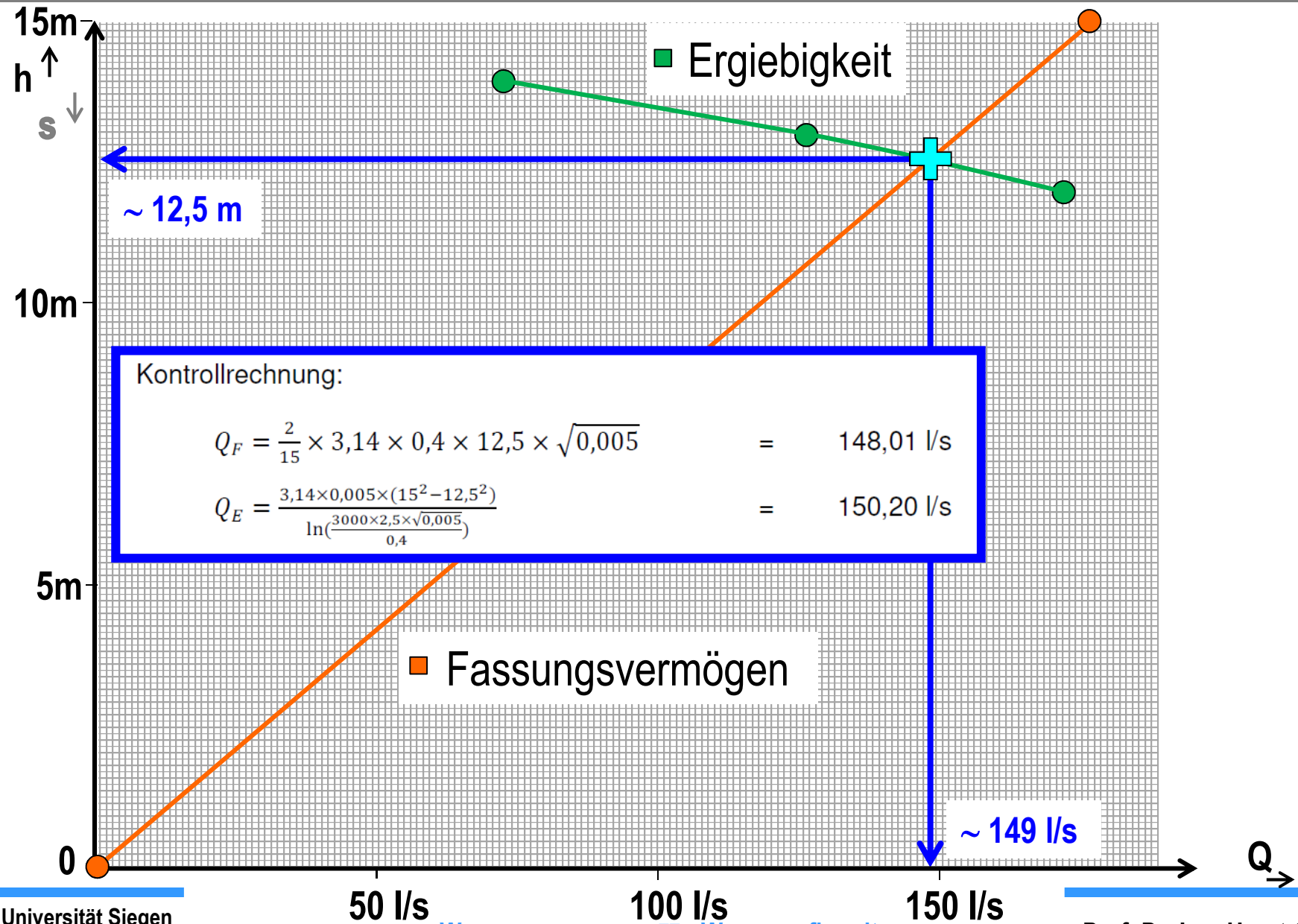
$$h=14\text{m: } Q_e = \frac{\pi \times k_f \times (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{3000 \times s \times \sqrt{k_f}}{r}\right)} = Q_e = \frac{3,14 \times 0,005 \times (15^2 - 14^2)}{\ln\left(\frac{3000 \times 1 \times \sqrt{0,005}}{0,4}\right)} = 72,6 \text{ l/s}$$

$$h=13\text{m: } Q_e = \dots \quad Q_e = \frac{3,14 \times 0,005 \times (15^2 - 13^2)}{\ln\left(\frac{3000 \times 1 \times \sqrt{0,005}}{0,4}\right)} = 126,6 \text{ l/s}$$

$$h=12\text{m: } Q_e = \dots \quad = 172,6 \text{ l/s}$$

3. Gewinnbarer Zufluss Q_G (Absenktiefe s_{opt})

$\Rightarrow$ siehe Grafik oder analytische Lösung



Iteration / Intervallschachtelung

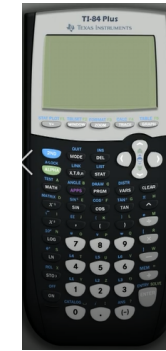
→ Schneller / Genauer

$$Q_E = Q_F \quad (\text{Schnittpunkt})$$

$$\frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{3000 \cdot s \cdot \sqrt{k_f}}{r}\right)} = \frac{2}{15} \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot \sqrt{k_f}$$

Variable Größen in Tabelle

h	s	R	Q _E	Q _F
[m]	[m]	[m]	[l/s]	[l/s]
0	15	3182	393,5	0,0
3	12	2546	387,4	35,5
7,5	7,5	1591	319,8	88,9
12	3	636	172,6	142,2
12,5	2,5	530	150,2	148,1
→ 12,54	2,46	522	148,3	148,6
15,0	0,01	2	2,8	177,6



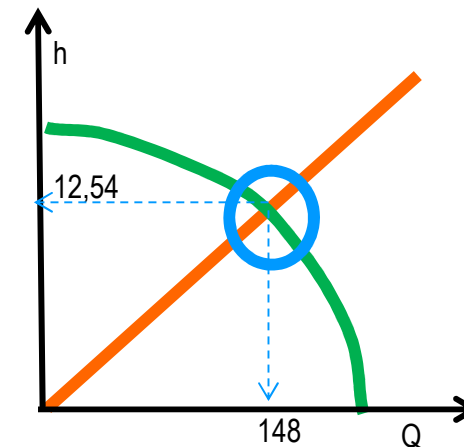
Solver / Zielwertsuche

Ergebnis:

Absenktiefe: 2,46 m

Reichweite: 522 m

Gewinnbar: ~148 l/s



Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit