

# Grundlagen der Hydrologie

## 6. Einfache hydrologische Modelle<sup>1</sup>

### Übung im WiSe 2021/22 - TU Bergakademie Freiberg

Ziele der Übung sind:

- Ein einfaches linearspeichermodell berechnen
- Ein iteratives Speichermodell berechnen

#### Aufgabe 6.1: Ein einfaches hydrologisches Modell

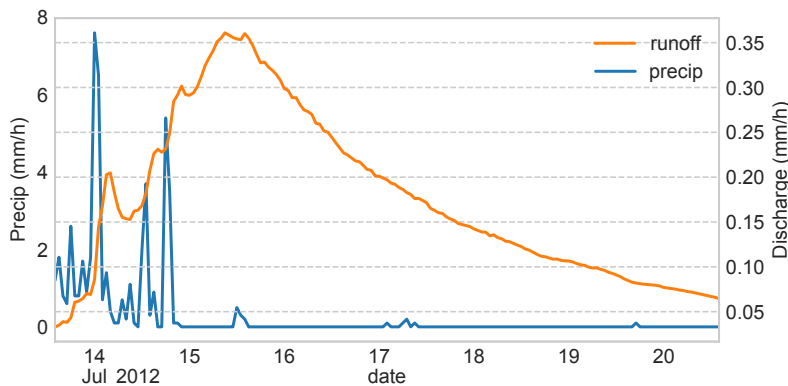


Abbildung 1: Ereignis am Colpach

Nachdem wir nun verschiedene Möglichkeiten von Infiltration und Abflussbildung betrachtet haben, wollen wir uns an ein erstes einfaches hydrologisches Modell wagen. Der einfachste Ansatz ist ein Linearspeicher.

Am Pegel Colpach haben wir um den 15. Juli 2012 ein Ereignis beobachtet, welches wir anhand dieses Modells simulieren wollen. Für die Verdunstung nehmen wir  $3 \text{ mm d}^{-1}$  an.

Der Ausfluss aus dem Linearspeicher ist abhängig von seiner Füllung mit

$$q(t) = S(t) \cdot k \cdot \Delta t \quad (1)$$

wobei wir  $k$  als Kehrwert der mittleren Verweilzeit im Speicher  $k = 1/t_{\text{Verweil}}$  mit  $t_{\text{Verweil}} = 100 \text{ h}$  annehmen. Die initiale Speicherfüllung sei  $2.5 \text{ mm}$ .

Stellen Sie die Bilanzgleichung auf und berechnen Sie die Speicherdynamik. Beachten Sie, dass in der Tabelle  $\Delta t = 5 \text{ h}$  ist. Dies findet in der Ausflussrate und in der Anrechnung der Verdunstung Anwendung.

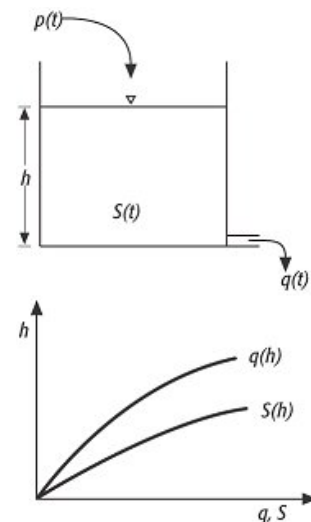


Abbildung 2: Schema eines Linearspeichers. Der Speicherinhalt ( $S$ ) mit einer Höhe ( $h$ ) entwickelt sich durch den Zustrom ( $p$ ) und den Ausfluss ( $q$ ) über die Zeit ( $t$ ).

t	beobachtet		simuliert	
	p(t) (mm/5h)	q(t) (mm/5h)	q <sub>s</sub> (t) (mm/5h)	S <sub>s</sub> (t) (mm)
2012-07-13 10:00:00	1.2	0.033053	.....	.....
2012-07-13 15:00:00	6.6	0.215386	.....	.....
2012-07-13 20:00:00	12.8	0.351379	.....	.....
2012-07-14 01:00:00	9.1	0.902682	.....	.....
2012-07-14 06:00:00	2.2	0.788818	.....	.....
2012-07-14 11:00:00	6.9	0.947273	.....	.....
2012-07-14 16:00:00	9.0	1.223468	.....	.....
2012-07-14 21:00:00	0.1	1.470488	.....	.....
2012-07-15 02:00:00	0.0	1.611635	.....	.....
2012-07-15 07:00:00	0.0	1.780965	.....	.....
2012-07-15 12:00:00	1.0	1.769711	.....	.....
2012-07-15 17:00:00	0.0	1.634569	.....	.....
2012-07-15 22:00:00	0.0	1.506614	.....	.....
2012-07-16 03:00:00	0.0	1.387170	.....	.....
2012-07-16 08:00:00	0.0	1.265646	.....	.....
2012-07-16 13:00:00	0.0	1.144643	.....	.....
2012-07-16 18:00:00	0.0	1.064635	.....	.....
2012-07-16 23:00:00	0.1	0.991863	.....	.....
2012-07-17 04:00:00	0.3	0.930439	.....	.....
2012-07-17 09:00:00	0.1	0.863057	.....	.....
2012-07-17 14:00:00	0.0	0.792176	.....	.....
2012-07-17 19:00:00	0.0	0.738270	.....	.....
2012-07-18 00:00:00	0.0	0.694957	.....	.....
2012-07-18 05:00:00	0.0	0.656182	.....	.....
2012-07-18 10:00:00	0.0	0.611403	.....	.....

Tabelle 1: Linearspeicherdynamik

### Aufgabe 6.2: Retention eines Speicherbeckens

Im Einzugsgebiet des B-Bachs gibt es ein ungesteuertes Hochwasserrückhaltebecken (Abb. 3). Die Gemeinde möchte dieses auf seine Funktionsfähigkeit zum kappen eines Hochwasserscheitels untersuchen. Anders als in Aufgabe 6.1 ist hier die Speicherfüllung in jedem Zeitschritt eine Funktion von Zufluss und Abfluss und muss iterativ bestimmt werden.

Untersuchen Sie das Ereignis in Abb. 4 hinsichtlich der maximalen Transportkapazität des unterliegenden Bachabschnittes mit  $18 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Der Einfachheit halber wird ein Funktion zwischen Speicherinhalt  $S$  und Wasserstand  $h$  angenommen:  $h(S) = 0.018 \cdot \sqrt{S}$ . Die Dammkrone befindet sich in 9.0 m Höhe. Die Querschnittsfläche des Auslass ist  $A = 3.0 \text{ m}^2$ . Der Abflussbeiwert für den Auslass ist  $\mu = 0.5$ . Der Speicher hat zu Beginn eine Füllhöhe von 0.566 m.

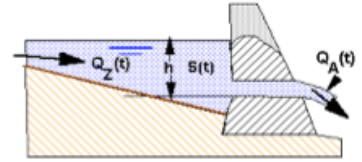


Abbildung 3: Schema eines ungesteuerten Hochwasserrückhaltebeckens

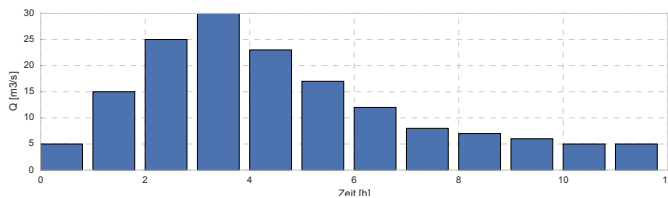


Abbildung 4: Zufluss in das Hochwasserrückhaltebecken

1. Stellen Sie für die Lösung die Speichergleichung (Wasserbilanz der Zeitschritte) auf. Warum können Verdunstung und Versickerung vernachlässigt werden?
2. Ermitteln Sie die Abflussganglinie  $Q_A(t_i)$  und vergleichen Sie diese in einem Diagramm mit dem Zufluss.
3. Berechnen Sie die Ganglinie der Wassertiefe im Speicher  $h(t_i)$  und des Speicherinhalts  $S(t_i)$ .
4. Übersteigt der Wasserstand die Dammkrone zu einem Zeitpunkt? Falls ja, wann? Was wäre, wenn der Betriebsauslass nur  $1.5 \text{ m}^2$  groß wäre?
5. Wurde das Hochwasserrückhaltebecken seiner Aufgabe, die Unterlieger vor einer Überschwemmung zu schützen, gerecht?

Sie erhalten Zur Lösung die Speichergleichung:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S(t_i) - S(t_{i-1})}{\Delta t_{i-1}^i} = \left( \frac{Q_{zu}(t_i) + Q_{zu}(t_{i-1})}{2} - \frac{Q_{ab}(t_i) + Q_{ab}(t_{i-1})}{2} \right) \quad (2)$$

$$S(t_i) = \left( \frac{Q_{zu}(t_i) + Q_{zu}(t_{i-1})}{2} - \frac{Q_{ab}(t_i) + Q_{ab}(t_{i-1})}{2} \right) \Delta t + S(t_{i-1}) \quad (3)$$

Der Abfluss als Funktion der Wasserstandes ist:

$$Q_{ab}(t_i) = \mu A \sqrt{2gh(t_i)} \quad (4)$$

Die geforderte Iterationsgenauigkeit ist 10%.

