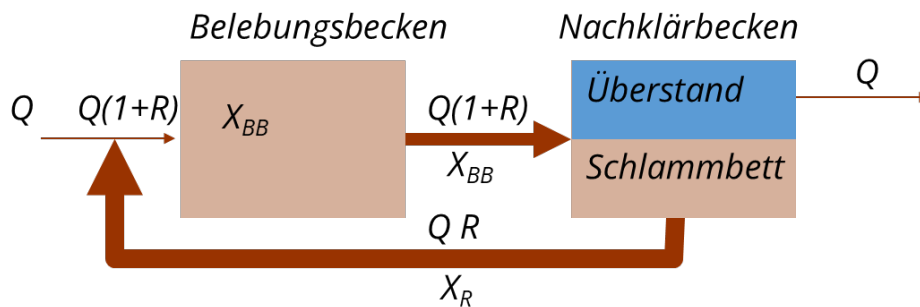


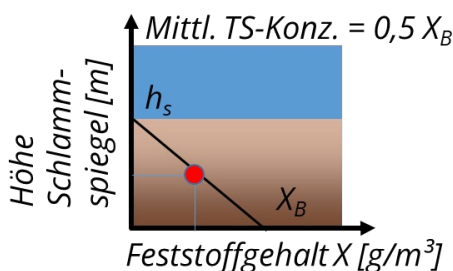
Aufbau eines Modells für die dynamische Schlamm Bilanz zwischen Belebungs- und Nachklärbecken (nach Krebs et al., 2000)

Folgendes System wird betrachtet:



Es wird vorerst angenommen, dass Schlammproduktion im BB, Schlammzu- und Abfluss sowie Überschussschlamm im Gleichgewicht stehen und somit aus der Betrachtung ausgeklammert werden können (in einer späteren Version soll das alles integriert werden).

Für das Absetzen und Eindicken des Schlammes im Schlammbett wird ein idealisierter Modellansatz wie folgt angenommen:



Die Konzentration des Schlammes hat einen linear zunehmenden Verlauf mit zunehmender Tiefe des Schlammspiegels. Am Boden des NKB ergibt sich die Feststoffkonzentration X_B . Somit liegt bei $0,5 h_s$ die mittlere Feststoffkonzentration im Schlammbett vor.

Kernstück des Modells ist die empirische Berechnung der erreichbaren Bodenkonzentration X_B nach DWA A 131:

$$X_B = \frac{1000}{DSVI} t_E^{1/3} \quad \begin{array}{l} \text{DSVI Schlammindex [L/kg]} \\ t_E \text{ Eindickzeit [h]} \end{array}$$

$$t_E = \frac{\text{Schlammmasse im NKB}}{\text{Schlammmasse aus NKB raus}}$$

$$t_E = \frac{M_{S,NKB}}{Q R X_R} = \frac{A_{NKB} h_s 0,5 X_B}{0,7 X_B Q R} \quad \begin{array}{l} Q \text{ Zufluss [m³/d]} \\ R \text{ Rückführ rate aus NKB in BB (R=Q/Q_R)} \end{array}$$

mit $X_R = 0,7 X_B$ Abminderung Konz. im Rücklaufschlamm durch Ansaugen von Wasser

Nun können für den Schlamm im BB und im NKB jeweils DGL aufgestellt werden, um die Massenbilanz zu beschreiben:

$$V_{BB} \frac{dX_{BB}}{dt} = 0,7 Q R X_B - Q (1 + R) X_{BB}$$

$$0,5 A_{NKB} \frac{dh_s X_B}{dt} = Q (1 + R) X_{BB} - 0,7 Q R X_B$$

Für eine Nutzung mit deSolve wurden die Gleichungen so umgeformt, dass auf der linken Seite jeweils nur die Differentialterme stehen bleiben:

$$\frac{dX_{BB}}{dt} = 0,7 \frac{Q}{V_{BB}} R X_B - \frac{Q}{V_{BB}} (1 + R) X_{BB}$$

$$\frac{dh_s}{dt} = \frac{Q (1 + R) X_{BB}}{A_{NKB} 0,5 X_B} - \frac{0,7 Q R}{0,5 A_{NKB}}$$

Nun müssen noch die empirischen Gleichungen in DGL überführt werden. Für die Eindickzeit t_E erscheint das einfach, weil in die Gleichung einfach dh_s/dt statt h_s eingefügt wird:

$$\frac{dt_E}{dt} = \frac{0,5 A_{NKB}}{(0,7 Q R) X_B} \frac{dh_s}{dt}$$

Für die Bodenschlammkonz. X_B geht das so aber nicht, da ein Einsetzen von dt_E/dt in die erste Gleichung anstelle von t_E Unfug ergeben würde, weil es ein nichtlinearer Zusammenhang ist.

Daher war meine Überlegung, dX_B/dt als Differenz aus dem Wert für X_B aus dem aktuellen und dem vorhergehenden Zeitschritt zu berechnen. Dafür habe ich verschiedenes probiert, u.a. auch die lag-Funktion aus deSolve. Es finden sich zwei Varianten in der Skriptdatei.

Bei Variante 1 stellt sich kein steady state ein, bei Variante 2 „verschwindet“ mein Schlamm, der eigentlich nur zwischen beiden Becken hin- und hergeschoben werden sollte ...