

Siedlungswasserwirtschaft II

René Kaufmann

4. Februar 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Verteilnetze der Wasserversorgung	2
1.1	Wasserversorgung	2
1.2	Verteilnetze	2
1.3	Durchfluss und Rohrdurchmesser	2
1.4	Druck- und Versorgungszonen	3
2	Rohrhydraulik	4
2.1	Verluste	4
3	Hydraulische Berechnung von Netzwerken	5
4	Druckstossberechnung	5
5	Hygiene in Trinkwassernetzen	5
6	Reaktionen im Rohrnetz	7
6.1	Reaktion im Rohr	7
6.2	Vermischung im Knoten	7
6.3	Vermischung im Reservoir	7
6.4	Chemische Reaktionen	7
7	Instationäre Strömung, Saint-Venant Gleichung, Stofftransport	8
7.1	Saint-Venant Gleichungen	8
7.2	Stau- und Absenkkurven	8
7.3	Kinematische Welle	8
7.4	Diffusive Welle	9
7.5	Hydraulischer Dispersion eines Stoffes	9
7.6	Stofftransport	9
8	Einleitbedingungen und Immissionsgrenzwerte	10
8.1	Immissionsgrenzwerte für Fliessgewässer	10
8.2	Anforderungen zur Einleitung von Abwasser in Gewässer	10
8.3	Badegewässer	11
9	Versickerung von Regenwasserabflüssen	11
10	Netzwerkanalyse	12
11	Datenmanagement	12
12	Programme	13
12.1	Epanet	13
12.2	Hydraulic Systems	13
12.3	SWMM	13
12.4	Interlis	13

1 Verteilnetze der Wasserversorgung

1.1 Wasserversorgung

Es werden täglich ca. 170 l Wasser pro Person im Haushalt, ca. 410 l pro Person für die ganze Infrastruktur Wasserversorgung mit Spitzenverbräuchen bis ca. 650 l pro Person ausgeliefert

Tabelle 1: Komfortleistungen der öffentlichen Wasserversorgung

Versorgungskomfort	Nutzungskomfort	Qualitätskomfort
Wasserlieferung ohne Unterbrüche	Wasser als Nahrungsmittel	keine Verkeimung
keine Mengenbeschränkung	Wasser zum Reinigen	Verstopfungsfrei
genügend Druck an jedem Ort zu jeder Zeit	Wasser für den Garten	Korrosionsfrei
	Wasser im Brandfall	sichere Trinkwasserhygiene
	Wasser in Notlagen	frei von Farbe und Geruch
	Wasser als Toilettenspülung	chemisch stabil

1.2 Verteilnetze

Drei **Netzformen** von Verteilsysteme: Verästelungs-, Umlauf- und Ringnetz

Das **Umlaufnetz** ist ein Verästelungsnetz, bei dem die Endstränge mit Hilfe von Versorgungsleitungen miteinander verbunden sind.

Beim **Ringnetz** sind die Enden aller Stänge miteinander verbunden

- + weniger Endstränge, grössere Wasserbewegung bei geringem Wasserverbrauch
- + Verminderung der Druckschwankungen
- + grösserer Zulaufstrom für Löschwasser
- + weniger betroffene Verbraucher bei Versorgungsunterbrechungen

1.3 Durchfluss und Rohrdurchmesser

Wassergeschwindigkeit bei grossem Wasserbedarf : max. 2 [m/s]

Versorgungsdruck min. 3 [bar], ausser bei Brand, Idealbereich 4 - 10 [bar]

Druckschwankungen max. ± 1 [bar], bei Pumpleitungen ± 1.5 [bar].

Transportleitungen

$$Q_{dim} = \frac{24}{n} \cdot Q_{h,max,max}$$

n	Anzahl Betriebsstunden
$Q_{h,max,max}$	max. Stundenbedarf am Tag mit max. Wasserbedarf
$Q_{h,max,m}$	max. Stundenbedarf am Tag mit mittlerem Wasserbedarf

Hauptleitungen

- Druckhöhenverlust $\Delta h = -5 \dots -15$ mWs bei $Q_{h,max,max}$ und Pumpenbetrieb
- Druckhöhenzunahme $\Delta h = +5 \dots +15$ mWs bei $Q_{h,min,min}$ und Pumpenbetrieb
- Druckhöhe $H > 5$ mWs an der höchsten Zapfstelle bei einem Brand ($Q_{d,max} + Q_B$) ohne Pumpbetrieb
- Druckhöhe $H > 5$ mWs an der höchsten Zapfstelle bei Havarie eines kritischen Stranges bzw. Pumpwerkes ($Q_{h,max,m}$)

Versorgungsleitungen

- In Grossstädten gelten die gleiche Bedingungen wie für Hauptleitungen
- In Kleinstädten/ ländlichem Raum: Bemessung nur für Q_B . (Siehe Skript S. 6, Tab. 4, Wasserbedarf Q_B für die Brandbekämpfung).

Hausanschlüsse

- zulässiger Druckverlust beträgt ca. 0.4 bar.

1.4 Druck- und Versorgungszonen

- Zone mit bis zu 16 bar Druck, Druckreduzierung bei sanitären Anlagen. Erhöhte Materialkosten, hohe Verluste bei Leckstellen, proportional zu Betriebsdruck.
- Zone von 4 - 10 bar Druck, Normalfall.
- Zone von 1 - 4 bar Druck, Pumpen mit Drehzahlregulierung, Flachland, keine hohen Druckverluste bei Havarie.

In Hanglagen werden die Zonen bei Einspeisung in die oberste Zone kaskadenartig miteinander verbunden. Die erste Zone wird mit einem Druckreduzierventil, die zweite Stufe mit einem Druckunterbrechungsschacht angeschlossen.

2 Rohrhydraulik

Reynoldszahl

$$\mathbb{R} = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

kreisförmige Querschnitte
 D Durchmesser Kreisrohr [m]
 ν Kinematische Viskosität
 $1.31 \cdot 10^{-6} \left[\frac{m^2}{s} \right]$ für Wasser bei $T=10^\circ\text{C}$

Betriebsrauigkeit k . (Siehe Skript S. 24, Tab. 5.),

Rauhigkeitsbeiwert nach Strickler k_{St} , (Siehe Skript S. 26f., Tab. 6/7)

Rohrkonstante β

$$\beta_i = \beta_{100} \cdot \frac{k_{St,100}^2}{k_{St,i}^2}$$

Umrechnung von $k_{St} = 100m^{1/3}$ zu beliebigen k_{St}
 β Siehe Skript S. 27, Tab. 7

Hydraulischer Radius

$$r_{hy} = \frac{A}{L_u}$$

$r_{hy} = r/2$ für Kreisrohr
 A Fläche
 L_u Benetzter Umfang

Bernoulli

$$H = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_1 = \Delta H + H_2$$

$$\Delta H = \Delta H_R + \Delta H_L$$

ΔH_L lokale Verluste
 ΔH_R Rohrverluste
 z geodätische Höhe [m]
 $\frac{p}{\rho \cdot g}$ statische Druckhöhe
 $\frac{v^2}{2 \cdot g}$ Geschwindigkeitshöhe

2.1 Verluste

Rohrverluste nach **Darcy-Weisbach**

$$\Delta H_R = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

ΔH_R Rohrleitungsverlust
 λ $f(\mathbb{R}, \epsilon/D)$, Moodydiagramm
 ϵ äquivalente Sandrauigkeit
 $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{k/D}{3.71} + \frac{2.51}{\mathbb{R} \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$
 k Betriebsrauigkeit
für rauhen Bereich: $\lambda = \frac{0.25}{\log \left(\left[\frac{3.71 \cdot D}{k} \right]^2 \right)}$

Rohrverluste im **Kreisrohr**

$$\Rightarrow \Delta H_R = 0.0826 \cdot \lambda \cdot \frac{L \cdot Q^2}{D^5}$$

Verluste im Kreisrohr

$$Q = 3.479 \cdot D^{2.55} \cdot \sqrt{\frac{\Delta H_R}{\lambda \cdot L}}$$

Manning-Strickler (gültig im rauhen Bereich)

$$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot J_s^{1/2}$$

$$\text{Kreisprofil} \Rightarrow \Delta H_R = 10.293 \cdot \frac{L \cdot Q^2}{k_{St}^2 \cdot d^{16/3}}$$

$$\Delta H_R = \beta \cdot L \cdot Q^2$$

k_{St} Stricklerbeiwert
 r_{hy} hydraulischer Radius
 J_s Sohlgefälle
 $\beta = \frac{10.293}{k_{St}^2 \cdot D^{16/3}}$: Rohrkonstante
 β Siehe Skript S. 26, Tab. 6

Einzelverluste

$$\Delta H_L = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

ξ Reibungsbeiwert

3 Hydraulische Berechnung von Netzwerken

Knotenregel \equiv Massenerhaltung

$$\sum Q_{in} - \sum Q_{out} = Q_e$$

$$\sum Q_{in} - \sum Q_{out} - \frac{dS}{dt} = Q_e$$

S Speicherterm
 Q_e externe Ein-/ Ausflüsse aus Knoten

Im Knoten sind Zuflüsse = Wegflüsse.

Maschenregel \equiv Energieerhaltung

$$\sum \Delta H_R = \sum E_P \quad \text{mit Pumpe}$$

$$\sum \Delta H_R = 0 \quad \text{ohne Pumpe}$$

E_P Energieinput
 ΔH_R Rohrverlust

Summe der Druckverluste ist innerhalb einer Masche = 0.

Fixpunkte

$$\Delta E = \sum \Delta H_R - \sum E_P$$

E_P Pumpenergie

4 Druckstossberechnung

Falls die Schliesszeit am Absperrorgan $t < \frac{2L}{c}$ ist, erfolgt ein Joukowski Druckstoss.

Massnahmen gegen Druckstoss: Windkessel, Wasserschloss, langsames Schliessen, Entlastungsventil.

Druckamplitude nimmt durch Reibungsverluste und geleisteter Formänderungsarbeit am Rohr allmählich ab.

Joukowski-Stoss aus linearisierten Gleichungen, ohne Reibung, schlimmster Fall.

max. Druckstoss

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot v_0 \quad [Pa]$$

$$c = \sqrt{\frac{E'}{\rho}} \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$E' = \left(\frac{1}{E_W} + \frac{D/e}{E_{Rohr}} \right)^{-1}$$

$$\Delta H = \frac{c \cdot v_0}{g} \quad [m]$$

Sehr stark von t und von v_0 abhängig!

e Wandstärke
 E_W Elastizitätsmodul von Wasser $2000 \frac{MN}{m^2}$
 D Rohrdurchmesser
 c Wellengeschwindigkeit ($\approx 1333 \text{ m/s}$)

5 Hygiene in Trinkwassernetzen

Biologisches Wachstum Durch Nährstoffe im Wasser (natürlich, Ozonierung) und in den Leitungen (Kunststoffmaterialien). Abhängig vom AOC (assimilierbarer org. Kohlenstoff). $AOC < 50 \left[\frac{mg}{l} \right] \rightarrow$ Wasser stabil.

Wachstum in der Leitung

$$N(t) = N_0 \cdot e^{\mu \cdot t}$$

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{AOC}{K_s + AOC}$$

Wachstum an der Rohrwand (Biofilm)

Bakterienzahl am Ende der Leitung:

$$N(t) = r_d \cdot N_{\text{Biofilm}} \cdot \frac{A}{Q} + N_0 \quad r_d = \mu$$

Negative Effekte der Verkeimung von Trinkwasserleitung

- Wachstum von Bakterien erhöht die Keimzahlen
- Bakterienfilme sind Nährstoffe für grössere Organismen
- Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen durch Wachstum von Pilzen etc.
- Abgelöste Biomasse führt zu Schlamm- und Nährstoffdepots
- Eisen- und Manganbakterien fördern die Ausfällung von Eisen und Mangan
- Erhöhung der Korrosion

Massnahmen gegen Verkeimung

- Vermeidung von Licht (Algenwachstum)
- Vermeidung von Einschwemmungen bei Reparaturen
- Reduktion der Nährstoffe (AOC) durch biologische Vorbehandlung
- Einhaltung eines Restgehalts an Desinfektionsmittel
- Spülung des Verteilsystems
- Vermeidung von Materialien, die das Bakterienwachstum begünstigen.

Pathogene Keime Anwesenheit von pathogenen Mikroorganismen wie Bakterien, Viren und Protozoen

Korrosionsprodukte Eisen, Kupfer, Blei und Zink

Trialomethan (THM) Bildung Die THM entstehen durch die Reaktion von freiem Chlor mit organischem Material → Chloroform → Erhöhung des Krebsrisikos

Störung des Kalk- Kohlensäure- Gleichgewichts Durch das Entweichen von CO₂ aus dem Wasser oder durch Mischen von Wasser unterschiedlicher Herkunft.

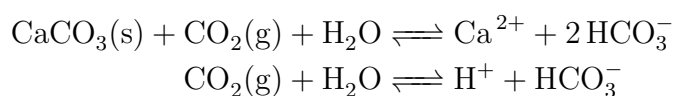
Alkalinität (Säurebindungsvermögen)

Summe aus HCO₃⁻ und CO₃²⁻

Gesamthärte

Summe aus Ca₂⁺ und Mg₂⁺

Gleichgewicht



nach rechts: Kalkauflösung (aggressiv)

nach links: Kalkausfällung (Verstopfung, Schutzschicht)

im Wasser gelöste Kohlensäure: $K_H \cdot p\text{CO}_2 = [\text{H}_2\text{CO}_3]$

$$K_S = [\text{Ca}_2^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]$$

$$K_1 = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$K_2 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$K_2' = \frac{K_2 \cdot 0.8}{0.66}$$

Eine geringe Kalkausfällung ist als Schutzschicht erwünscht.

Höhere Organismen, Feststoff-Ablagerung, Geruchs- und Geschmacksbildung

6 Reaktionen im Rohrnetz

6.1 Reaktion im Rohr

Konzentration der Stoffe entlang der Sohrstrecke

$$\frac{dC_{i,l}}{dt} = \frac{Q_i \cdot (C_{i,l} - C_{i,l-1})}{\Delta x} + \Theta(C_{i,l})$$

$C_{i,l}$ Konzentration im Rohr i im finiten Knoten l $\left[\frac{g}{m^3}\right]$
 Q_i Durchfluss im Rohr i $\left[\frac{m^3}{s}\right]$
 $\Theta(C_{i,l})$ Reaktionsterm $\left[\frac{m^3}{g \cdot s}\right]$
 Δx Distanz zwischen den Knoten

6.2 Vermischung im Knoten

Advektiver Transport ist abhängig von der mittleren Fließgeschwindigkeit

$$C_{out,j} = \frac{\sum Q_{in,i} \cdot C_{in,i} + U_j}{\sum Q_{out,i}}$$

$C_{out,j}$ Konzentration im Auslauf des Knotens j $\left[\frac{g}{m^3}\right]$
 $C_{in,i}$ Konzentration im Zulauf zum Knoten aus dem Rohr i $\left[\frac{g}{m^3}\right]$
 U_j Frachtzuschlag für eine Stoffquelle im Knoten j $\left[\frac{g}{s}\right]$

6.3 Vermischung im Reservoir

Annahme: Vollständige Durchmischung

Füllung

$$\frac{dC_k}{dt} = \frac{Q_i (C_{in,i}(t) - C_k)}{V_k} + \Theta(C_k)$$

V_k Volumen des Reservoirs $[m^3]$
 $\Theta(C_{i,l})$ Reaktionsterm $\left[\frac{m^3}{g \cdot s}\right]$

Leerung

$$\frac{dC_k}{dt} = \Theta(C_k)$$

C_k Konzentration im Reservoir $\left[\frac{g}{m^3}\right]$
 $C_{in,i}$ Konzentration im Zulauf zum Reservoir $\left[\frac{g}{m^3}\right]$

6.4 Chemische Reaktionen

Im transportierten Wasser:

$$\Theta(C) = \pm k \cdot C^n$$

Lösungen

$$C = C_0 - k \cdot t \quad 0. \text{ Ordnung}$$

$$C = C_0 e^{-k \cdot t} \quad 1. \text{ Ordnung}$$

$$C = \frac{1}{k \cdot t + 1/C_0} \quad 2. \text{ Ordnung}$$

k Reaktionskonstante B $\left[\frac{(m^3/g)^{n-1}}{s}\right]$
 n Ordnung der Reaktionsgleichung

Bulk- und Wandreaktionen

$$\Theta(C) = \pm K \cdot C$$

$$K = k_b + \frac{k_w \cdot k_f}{R_{hy} \cdot (k_w + k_f)}$$

$$k_f = \frac{\mathbb{S} \cdot D_m}{D}$$

\mathbb{S} Sherwood Zahl
 k_b Bulk-Reaktionskonstante $\left[\frac{m}{s}\right]$
 D_m Molekulare Diffusion $\left[\frac{m^2}{s}\right]$
 k_w Wand-Reaktionskonstante $\left[\frac{m}{s}\right]$
 D Rohrdurchmesser $[m]$
 k_f Stoffübertragungskonstante $\left[\frac{1}{s}\right]$
 R_{hy} hydraulischer Radius $[m]$
 K Reaktionskonstante

$$S = \begin{cases} 2.0 & \mathbb{R} < 1 \\ 3.65 + \frac{0.0668 \cdot \left(\frac{D}{L}\right) \cdot \mathbb{R} \cdot \left(\frac{\nu}{D_m}\right)}{1 + 0.04 \left[\left(\frac{D}{L}\right) \cdot \mathbb{R} \cdot \left(\frac{\nu}{D_m}\right)\right]^{2/3}} & 1 < \mathbb{R} < 2300 \\ 0.023 \cdot \mathbb{R}^{0.83} \cdot \left(\frac{\nu}{D_m}\right) & \mathbb{R} > 2300 \end{cases}$$

Produktesimulation

$$\Theta(C) = \pm k \cdot (C_{lim} - C) \cdot C^{m-1} \quad \begin{array}{l} C_{lim} \text{ limitierende Konzentration der Reakti-} \\ \text{on} \end{array}$$

7 Instationäre Strömung, Saint-Venant Gleichung, Stofftransport

7.1 Saint-Venant Gleichungen

Aus Massenbilanz und Gleichung von Bernoulli resultiert das Gleichungssystem von St. Venant.

$$v \cdot \frac{\partial h}{\partial x} + h \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{q}{b} \quad \text{Bilanzgleichung für Rechtecksgerinne}$$

$$\underbrace{\frac{\partial v}{\partial t}}_1 + v \cdot \underbrace{\frac{\partial v}{\partial x}}_2 + g \cdot \underbrace{\frac{\partial h}{\partial x}}_3 + \underbrace{g \cdot (I_E - I_S)}_4 = 0 \quad \text{Bewegungsgleichung}$$

1. Instationäre Prozesse, Beschleunigung des Wassers
2. Beschleunigung durch Querschnittsänderung
3. Veränderung der Druckkräfte
4. Wandreibung I_E und Hangabtrieb I_S (Gravitation)

7.2 Stau- und Absenkkurven

Aus der stationären Lösung und $q = 0$ der St. Venant Gleichung folgt die Stau- und Absenkkurven.

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{I_S - I_E}{1 - \mathbb{F}^2}$$

$$v_{krit} = \frac{Q}{b \cdot h_{krit}} = \sqrt{g \cdot h_{krit}} \quad \begin{array}{l} \mathbb{F} = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \\ \mathbb{F} = 1 \rightarrow \text{kritisch} \end{array}$$

$$h_{krit} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}}$$

7.3 Kinematische Welle

Instationären Lösung der St. Venant Gleichung bei welcher lokal Normalabfluss angenommen wird. Die Beschleunigungsterme sowie der Druckterm werden vernachlässigt.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + c \cdot \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \quad \begin{array}{l} r_{hy} \approx h \text{ für breites Gerinne} \\ \text{Annahme: } \frac{\partial h}{\partial x} \ll I_s \end{array}$$

$$c = \frac{5}{3} \cdot v = \frac{5}{3} \cdot k_{St} \cdot h^{2/3} \cdot I_E^{1/2}$$

Schadstoffe fließen mit der Fließgeschwindigkeit v , das Wasser hingegen mit der Wellengeschwindigkeit c , welche ca. 1.6 mal grösser ist.

Einsatz Als Dimensionierungsrechnungen. Nicht geeignet für die Nachrechnung von realen Ereignissen, da Rückstau nicht berücksichtigt wird. Nach einer längeren Fließstrecke bricht das Modell zusammen. Aufsteilung der vorderen Wellenfront → Annahme gilt nicht mehr, Druckterm wird relevant.

7.4 Diffusive Welle

$$\frac{\partial h}{\partial t} + c \cdot \frac{\partial h}{\partial x} - D \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = 0 \quad D \approx \frac{h \cdot v}{2 \cdot I_E} \quad \text{hydraulische Diffusion}$$

$$c = \frac{5}{3} \cdot v \cdot \frac{5}{3} \cdot k_{St} \cdot h^{2/3} \cdot I_E^{1/2}$$

Gleichung 2. Ordnung, bedingt zwei Randbedingungen ⇒ Rückstau kann beschrieben werden. Im Gegensatz zur kinematischen Welle wird der Druckterm berücksichtigt. Die Diffusive Welle führt zu einem Auseinanderlaufen und Abflachen der Welle.

7.5 Hydraulischer Dispersion eines Stoffes

Bilanzgleichung für Stoffe

$$\frac{\partial C}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial C}{\partial x} - D_c \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = 0 \quad D_c \quad \text{Dispersionskoeffizient}$$

Die hydraulische Dispersion ist eine Folge der unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten im Querschnitt eines Kanals.

7.6 Stofftransport

Regenwasser führt nicht zwingend zu einer Verdünnung des Abwassers, da durch die Erosion der Sielhaut zusätzliche Schadstoffe auf die ARA gelangen.

Schleppspannung

$$\tau = r_{hy} \cdot \rho \cdot g \cdot I_E \quad \begin{array}{l} I_E = I_S \quad \text{Normalabfluss} \\ r_{hy} \quad \text{abhängig vom Füllungsgrad} \end{array}$$

Abhängig von der Schleppspannung sedimentieren bzw. resuspendieren Stoffe in den Leitungen. In CH min. Fließgeschwindigkeit von $\left(0.6 - 1 \left[\frac{m}{s}\right]\right)$ muss einmal im Tag erreicht werden.

Sielhaut Erste biologische Reinigung in der Kanalisation. Somit ist das was bei der ARA ankommt nicht dasselbe, wie eingeleitet wurde.

8 Einleitbedingungen und Immissionsgrenzwerte

8.1 Immissionsgrenzwerte für Fließgewässer

Immissionsgrenzwerte für Fließgewässer, GSchV, Anhang 1

Parameter	Anforderungen	Bemerkung
Temperatur ΔT	< 25°C: 1.5 - 3°C	1.5°C in Forellenregionen
BSB_5	2 - 4 gO_2/m^3	Natürliche Belastung
DOC	1 - 4 gC/m^3	Natürliche Belastung
$NH_4^+ + NH_3-N$	T < 10°C: 0.4 gN/m^3 T > 10°C: 0.2 gN/m^3	Winter Sommer
$NO_2^- - N$	keine Toxizität	
$NO_3^- - N$	5.6 gN/m^3	
Pb, Cd, Cu, Ni, NHg, Zn	je gelöst und gesamt	
Organische Pestizide	< 0.1 mg/m^3	je Stoff

Nitritgrenzwerte

Konzentration	
Cl $\left[\frac{gCl}{m^3}\right]$	N $\left[\frac{gN}{m^3}\right]$
<10	0.02
10-20	0.05
>20	0.10

8.2 Anforderungen zur Einleitung von Abwasser in Gewässer

Emissionsgrenzwerte für Kläranlagen, GSchV, Anhang 3

Parameter	Angeschlossene Einwohner	Wert	Bemerkung
TSS	< 10'000 > 10'000	20 g/m^3 15 g/m^3	0.45 μmMF
BSB_5	< 10'000 > 10'000	20 gO_2/m^3 15 gO_2/m^3	$\eta > 90\%$
DOC	> 2'000	10 gC/m^3	$\eta > 85\%$
$NH_4^+ + NH_3-N$	je nach Gewässer	2 gN/m^3	T > 10°C
$NO_2^- - N$		0.3 gN/m^3	Richtwert
N_{tot}	nur sehr grosse ARA	nach Plänen der Kantone	im Kt. ZH: Zürich
AOX		0.08 gX/m^3	
P_{tot}	>10'000 am Rhein alle oberhalb Seen	0.8 gP/m^3	Im Kt. ZH z.T < 0.2 g/m^3

8.3 Badegewässer

Qualitätsklasse	E.coli pro 100 ml	Salmonellen pro 100 ml
A	< 100	nicht nachweisbar
B	100 - 1000	nicht nachweisbar
C	< 1000	nachweisbar
	> 1000	nicht nachweisbar
D	> 1000	nachweisbar

9 Versickerung von Regenwasserabflüssen

Bilanzgleichung

$$V_{Ret} = V_{in} - V_{out} \quad A_s \text{ Versickerungswirksame Fläche}$$

$$= T (r_{Regen} \cdot F_{red} - q_s \cdot A_s)$$

Versickerungsleistung

$$Q_s = q_s \cdot A_s \quad q_s \text{ spez. Sickerleistung}$$

$$q_s \approx \frac{k_f}{2}$$

Empfohlene Jährlichkeitswerte in CH: $z = 5 - 10$ [a]

Hörler und Rhein

$$r(T, z) = \frac{K(z)}{T + B} = G \cdot \emptyset_T h(z)$$

$$K(z) = G \cdot (15 + B) \cdot h(z)$$

$$h(z) = 1 + C \cdot \log(z)$$

$$\emptyset_T = \frac{15 + B}{T + B}$$

B	Ortskonstante [min]
C	Ortskonstante [-]
G	Grundzahl $[\frac{l}{s \cdot ha}]$
$K(z)$	Ortskonstante $[\frac{l \cdot min}{s \cdot ha}]$
T	Dauer des Regenabschnitts [min]
z	Jährlichkeit [a]
$H(z)$	Häufigkeitsfaktor [-]
$r(T, z)$	mittlere Regenintensität $[\frac{l}{s \cdot ha}]$
\emptyset_T	Zeitbeiwert [min]

Beachte: Einfluss von Vorregen und der Abflussbildungsprozess werden vernachlässigt.

Versickerungsleistung des Bodens ist abhängig von: Porosität, Bodenart, Humusgehalt, Feinablagerungen, Aufstauhöhe in der Mulde, Wassersättigung,...

Entwässerungswege nach GSchV:

1. Versickerung über belebte Bodenschicht oder (in den Untergrund)
2. Direkteinleitung in ein Gewässer mit/ohne Retention und mit/ohne Vorbehandlung
3. Einleitung in die Mischkanalisation

Versickerungssysteme: Sickerschächte, Flächen-, Mulden-, Rigolen-/ Rohrversickerung (unterirdische mit Kies ausgefüllte Gräben)

Stoffschranken

- Versickerung über natürlichen Boden
- Filterung über künstliche gran. Absorbermaterialien

10 Netzwerkanalyse

Instrumente Leitungskataster (auf GIS Basis), Netzberechnungsprogramme (Hydraulik, Qualität), Netzwerkanalyse, Leckortung

Voraussetzungen Datenbank **Leitungskataster** (Rohrdaten, Oumpen, Reservoir, Vereinigung, Trennungen, Kaliberwechsel, Druckreduktion), Datenbank **Betriebsgrößen** (Wasserverbrauch, Reservoirstände, Pumpencharakteristik), **Computermodell** für Netzwerk (Durchflüsse, Drücke)

Vorgehen

1. Erhebung der Basisdaten
2. Berechnung einer aktuellen Situation eines Netzes
3. Anpassung von Berechnungsparameter im Computermodell (Kalibrierung)
4. Verifikation
5. Extrapolation auf spezielle Lastfälle
6. Analyse des Netzverhaltens unter kritischen Lastfällen, Ausarbeitung von Empfehlungen und Massnahmen.

Ziele Aufdecken von Informationslücken, Diskrepanzen zwischen Plänen und Wirklichkeit, Übersicht über hydraulische Rauigkeiten, über Plazierung von Hydranten und über Material- und Altersstruktur der Rohre.

11 Datenmanagement

Daten sind Informationseinheiten, die zwischen Systemen übertragen werden können.

Information stellt einen Bezug zwischen Daten und System dar, das uns interessiert.

Wissen verbindet Information mit unserer Absicht zu handeln, es stellt Handlungsoptionen zur Verfügung.

Beim **Entscheid** wählen wir basierend auf unserem Wissen eine geeignete Handlungsoption.

Handlung setzt den Entscheid um.

Dokumentieren generiert neue Daten.

Datenqualität korrekt, konsistent, genau, vollständig, aktuell, verfügbar, interpretierbar → ist ein Prozess, kein Zustand

Interoperabilität Fähigkeit unabhängiger, heterogener Systeme, möglichst nahtlos zusammen zu arbeiten, um Informationen auf effiziente und verwertbare Art und Weise auszutauschen, ohne dass gesonderte Absprachen zwischen den Systemen nötig sind.

Datenmanagement Alle im Unternehmen verwendeten Daten planen, überwachen und steuern so dass die zur Informationsversorgung aller Aufgabenträger erforderlichen Daten verfügbar sind.

GEP enthält verschiedene Zustandsberichte (Gewässer, Versickerung, EZG, Kanalisation, Fremdwasser, Gefahren)

12 Programme

12.1 Epanet

Modellierung von Rohrleitungssystemen.

12.2 Hydraulic Systems

Programm zur Berechnung von Druckstößen.

12.3 SWMM

Das Modul Runoff in SWMM verbindet Abflussbildung (Versickerung, Verdunstung, Muldenspeicher, abflusswirksamer Nettoniederschlag) und Abflusskonzentration. Das Modul Extran wird für Transportprozesse, Routing und Hydraulik gebraucht. Jedes Teileinzugsgebiets wird als nichtlineares Reservoir modelliert.

EZG Pro EZG können drei Teile mit je eigenen Parametern definiert werden (Breite, Fließlänge, Gefälle, Länge, Fläche, Rauigkeit, Verdunstung, Muldenverluste)

Abfluss Falls Niederschlagshöhe h grösser als die Muldenverlusthöhe (unabhängig von der Oberfläche) h_M ist.

$$Q = B \cdot k_{st} \cdot (h - h_M)^{5/3} \cdot I_F^{1/2}$$

Versickerung Sobald die Mulden gefüllt sind, beginnt die Versickerung. Ansatz von Horton (exponentielle Abnahme der Versickerungsleistung).

Schachtüberlauf Wird die Abflusskapazität der Leitungen überschritten, wird das überschüssige Wasser über dem Schacht gespeichert. Dabei wird die Querausdehnung des Kanals und die Kompression des Wassers vernachlässigt. Zudem würde das aus dem Schacht austretende Wasser oberflächlich abfließen und evt. bei einem anderen Schacht wieder in die Kanalisation gelangen.

Stofftransport In SWMM werden die Schächte und je die Hälfte der Leitungen als ideal durchmischte Rührkessel behandelt. Der Kanal wird zu einer Rührkesselkaskade. Somit hat die räumliche Auflösung des Netzes einen Einfluss auf das Resultat der Simulation.

Versickerungsanlage Können nicht direkt modelliert werden. Man modelliert ein Speicherbecken mit einem angehängten „Outlet“.

12.4 Interlis

Kommunikationsgrundsatz: Klare Definition der zu beschreibenden Daten.

Was ist INTERLIS? Offene Beschreibungssprache für Datenmodelle, flexibles Transferformat für Geodaten

Warum?

- Geodaten müssen gut dokumentiert sein
- langfristige Sicherstellung der Daten
- universeller, systematischer Datenaustausch
- automatisierte Qualitätsprüfung
- vollständige Interpretation von Geodaten für umfassende, standartisierte und systematische Dokumentation

Wann? Wenn Daten, welche in verschiedenen GIS abgelegt sind, ausgetauscht werden müssen (Transfer von Daten).

2 Komponente Beschreibungssprache (Modelldatei) und Transferformat.

Austausch bisher

- bilaterale Regelung auf Formatebene
- momentbezogene Anwendung
- meist nur eine spezifische Eigenschaft
- keine klare Definitionen von Eigenschaften

Austausch mit INTERLIS

- standartisierte Dokumentation
- umfassende Beschreibung
- universelles Format
- qualitätsgeprüfte und langfristig gesicherte Daten

Index

- Abfluss, 13
- Alkalinität, 6

- Bernoulli, 4
- Betriebsrauhigkeit, 4
- Bilanzgleichung, 11
- Biologisches Wachstum, 5
- Bulk- und Wandreaktionen, 7

- Darcy-Weisbach, 4
- Daten, 12
- Datenmanagement, 12
- Datenqualität, 12
- Dokumentieren, 12
- Druckschwankungen, 2

- Einzelverluste, 4
- Emissionsgrenzwerte, 10
- Entscheid, 12
- Entwässerungswege, 11
- EZG, 13

- Füllung, 7
- Fixpunkte, 5

- GEP, 12
- Gesamthärte, 6
- Gleichgewicht, 6

- Hörler und Rhein, 11
- Hauptleitungen, 2
- Hausanschlüsse, 3
- Hydraulischer Radius, 4

- Immissionsgrenzwerte, 10
- Information, 12
- Instrumente, 12
- Interoperabilität, 12

- Joukowski-Stoss, 5

- Knotenregel, 5
- Korrosionsprodukte, 6
- Kreisrohr, 4

- Leerung, 7

- Manning-Strickler, 4
- Maschenregel, 5
- Massnahmen gegen Verkeimung, 6
- max. Druckstoss, 5

- Netzformen, 2
- Nitritgrenzwerte, 10

- Pathogene Keime, 6
- Produktesimulation, 8

- Rauhigkeitbeiwert nach Strickler, 4
- Reynoldszahl, 4
- Ringnetz, 2
- Rohrkonstante β , 4

- Schachtüberlauf, 13
- Schleppspannung, 9
- Sielhaut, 9
- Störung des Kalk- Kohlensäure- Gleichgewichts, 6
- Stoffschranken, 11
- Stofftransport, 13

- Transportleitungen, 2
- Trialomethan (THM) Bildung, 6

- Umlaufnetz, 2

- Verkeimung, 6
- Versickerung, 13
- Versickerungsleistung, 11
- Versickerungssysteme, 11
- Versorgungsdruck, 2
- Versorgungsleitungen, 3
- Voraussetzungen, 12
- Vorgehen, 12

- Wachstum an der Rohrwand, 6
- Wachstum in der Leitung, 5
- Wassergeschwindigkeit, 2
- Wissen, 12

- Ziele, 12