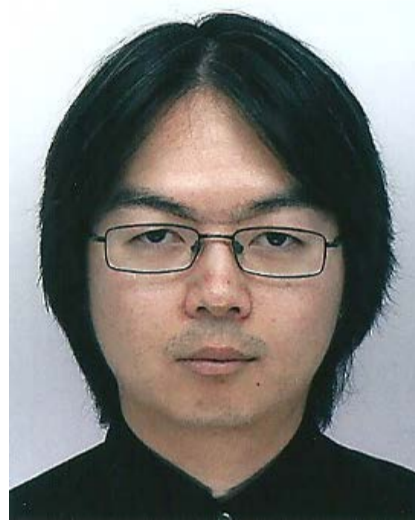


Sensitivitätsanalyse mittels Softwaretool PCSiWaPro® von hydrogeologischen und hydrologischen Kenngrößen bei Versickerung von gereinigtem Abwassers aus Kleinkläranlagen

Verantwortlicher Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. habil. Peter-Wolfgang Gräber
Betreuer: M.Sc. Dipl.-Ing. Cristina Sandhu
Dipl.-Ing. Thomas Fichtner

Bearbeiter: Noriaki Tomoda

Geboren: 30.08.1984 in Aichi (Japan)
Studium: 2005 – 2012 Wasserwirtschaft an der TU-Dresden, Vertiefung Wasserbewirtschaftung



Problemstellung und Ziele der Arbeit:

In den meisten dünn gesiedelten Gemeinden ist es notwendig, täglich fallendes Abwasser ohne Kanalisation zur zentralen Kläranlage mittels Kleinkläranlagen aufzubereiten. Bei der gezielten Nutzung der Bodenzone zur Reinigung und Speicherung von Wasser (gereinigtem Abwasser) kann dieses in den Grundwasserleiter infiltriert werden. Das Ziel ist die Untersuchung der Sensitivität der hydrologischen und hydrogeologischen Kenngrößen auf das Verhalten der Infiltration und deren Ausbreitung in der ungesättigten Zone mittels des Programms PCSiWaPro®.

Methodik

Modellaufbau

Zur Sensitivitätsanalyse wurde ein konzeptionelles Modell erstellt (siehe Abb. 1). Für den Modellaufbau wurde ein Einfamilienhaus mit einem kleinen Garten angenommen, in dem eine Kleinkläranlage errichtet wurde. Aus diesem konzeptionellen Modell wurden 2 Modelle, das Modell Niederschlag und das Modell Flurabstand, erstellt.

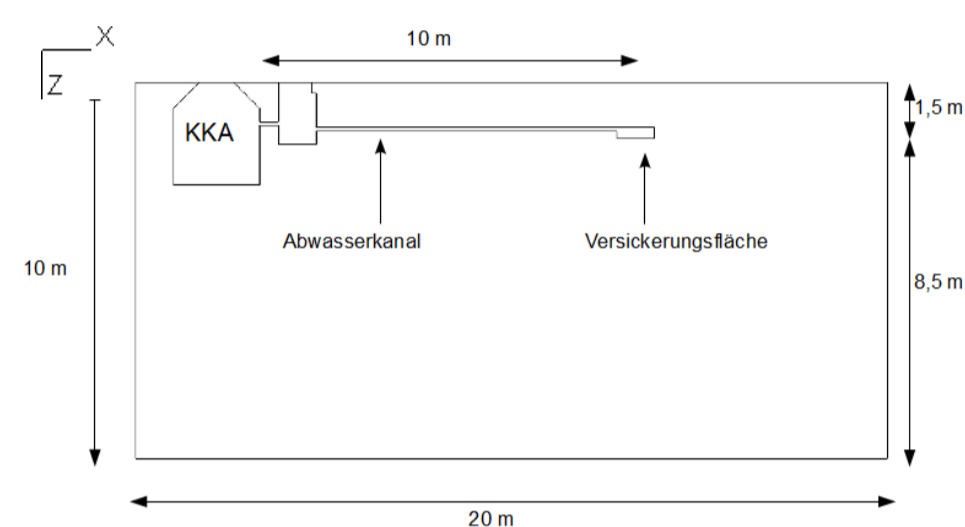


Abb. 1: Konzeptionelles Modell

Parameterfeststellung

Folgende Kenngrößen (siehe Tab. 1) wurden durch diese 2 Modelle auf die Sensitivität getestet. Die Bodenparameter wurde nach DIN 4220 geschätzt (siehe Tab. 2).

Tab. 1: getestete Kenngröße und Simulationslaufzeit

Table with 6 columns: Bezeichnung, Bodenart, Infiltrationsrate Qinf, Flurabstand, Niederschlag, Simulationszeit [d].

Tab. 2: Bodenparameter nach DIN 4220

Table with 6 columns: Bodenarten, theta_s, theta_r,w, alpha, n, k_f.

Ergebnisse

Modell Niederschlag

Im Vergleich der Niederschlagsphase mit der Trockenphase erkennt man:

- Erhöhung des Wassergehaltes in der ungesättigten Zone durch Niederschläge
Vergrößerung der Ausbreitung bei hohem Wassergehalt

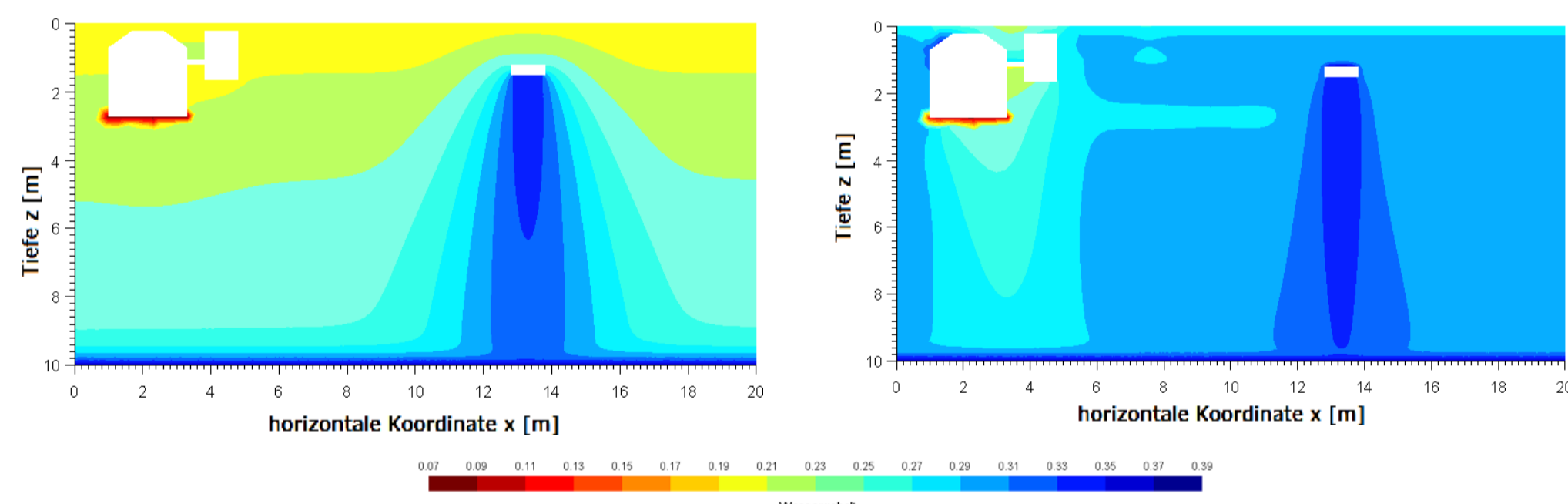


Abb. 2: Wassergehaltsverteilung bei mittel schluffigem Sand, Qinf = 0,01 m³/d, ohne Niederschlag (links), mit Niederschlag (rechts)

Modell Flurabstand

Ankunftszeit/Geschwindigkeit

- Die Reihenfolge der Ankunftszeit (früher zuerst) Mittelsand > mittelschluffiger Sand > sandiger Schluff bei Flurabstand von 10 m
Bei einem Flurabstand von 3,5 m war diese Beziehung umgekehrt.
Die Ankunftszeit bei einem Flurabstand von 3,5 m, Infiltrationsrate 0,3 m³/d, betrug ca. 2 Tage

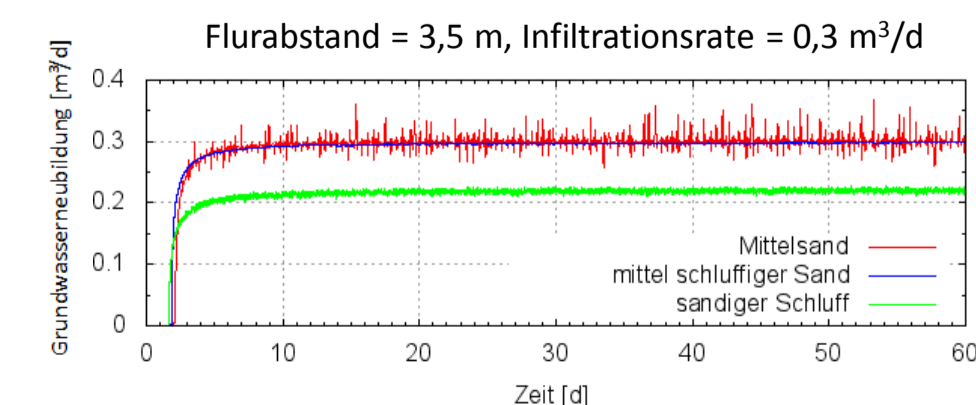
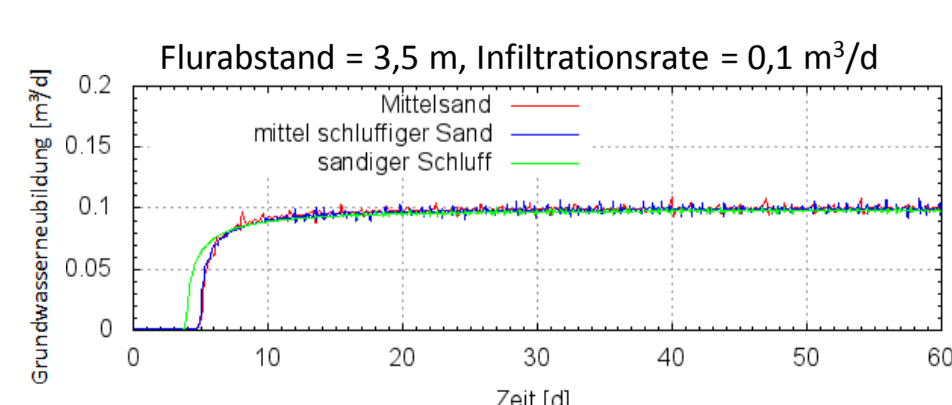
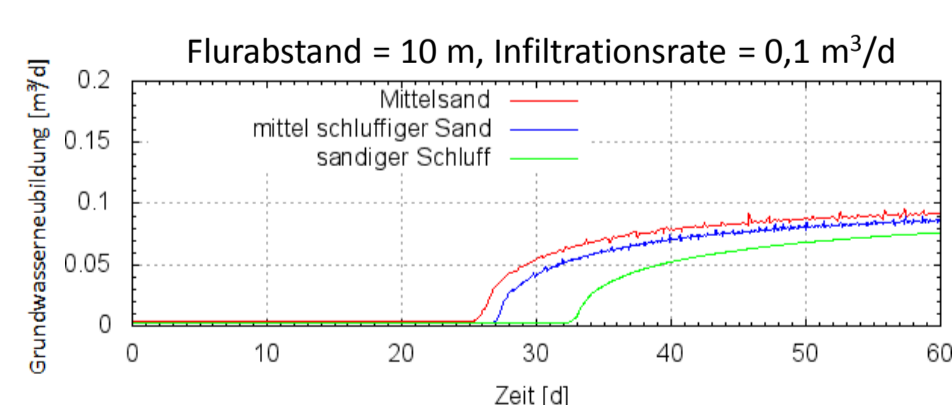


Abb. 3: Grundwasserneubildung mit Infiltrationsrate 0,1 m³/d, bei Flurabstand von 10 m (oben) und 3,5 m (links unten) und mit Infiltrationsrate 0,3 m³/d und bei Flurabstand 3,5 m (rechts unten)

Die Fließstrecke wurde durch die Ankunftszeit dividiert und als Geschwindigkeit miteinander verglichen (siehe Abb. 4):

- Zwischen den Bodenarten war keine Relation erkennen
Mit zunehmendem Flurabstand verringerte sich die Geschwindigkeit
Mit zunehmender Infiltrationsrate stieg die Geschwindigkeit ca. 2 – 3 fach an

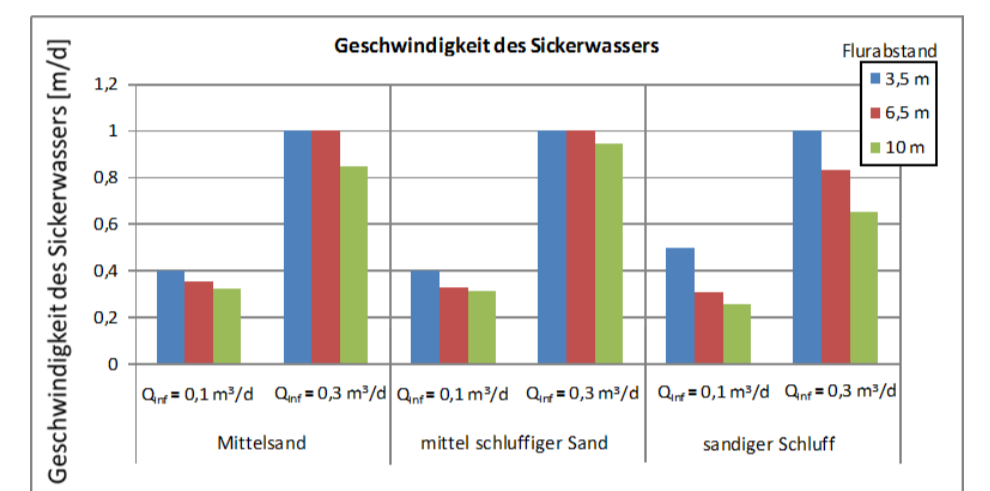


Abb. 4: Geschwindigkeit der Infiltration

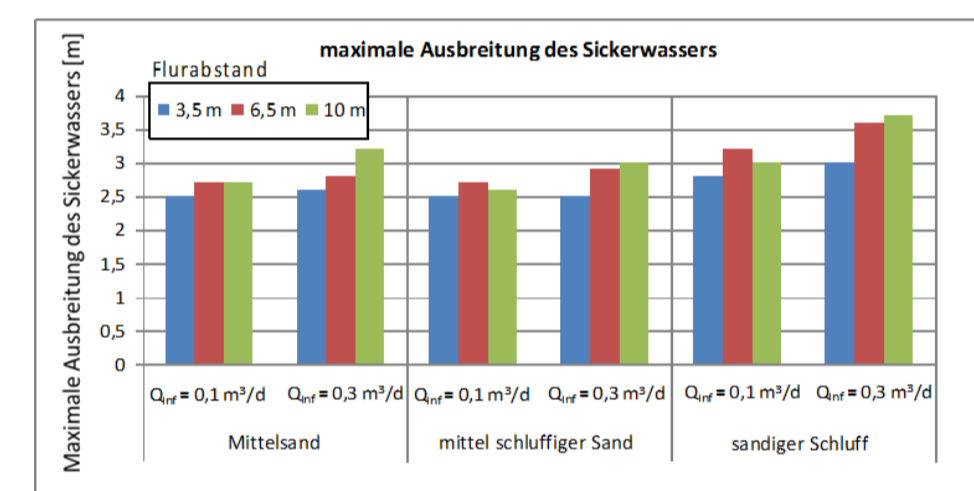


Abb. 5: maximale Ausbreitung der Infiltration

Maximale Ausbreitung

Es wird vermutet, dass die maximale Ausbreitung des Sickerwasser beim Flurabstand von 10 m und einer Stromrate von 0,1 m³/d im weiteren Verlauf zunimmt (siehe Abb. 5). Dadurch kommen die folgenden Relationen vor:

- Mit steigendem kf-Wert nimmt die maximale Ausbreitung ab, jedoch zwischen Mittelsand und mittel schluffigem Sand nicht deutlich
Mit zunehmendem Flurabstand bzw. Infiltrationsrate steigt jeweils die maximale Ausbreitung

Ausbreitung bei gleichem Wassergehalt

Als ein Beispiel wurde hier das Ergebnis von mittel schluffigem Sand bei z (Tiefe) = 2,5 m vorgestellt (siehe Abb. 6). Im Vergleich bei gleichem Wassergehalt mit verschiedenen Kenngrößen ergeben sich die folgenden Relationen:

- Mit zunehmendem kf-Wert (Bodenart) verringert sich die Ausbreitung
Mit steigendem Flurabstand (zflur) verringert sich die Ausbreitung
Mit steigender Infiltrationsrate nimmt die Ausbreitung zu

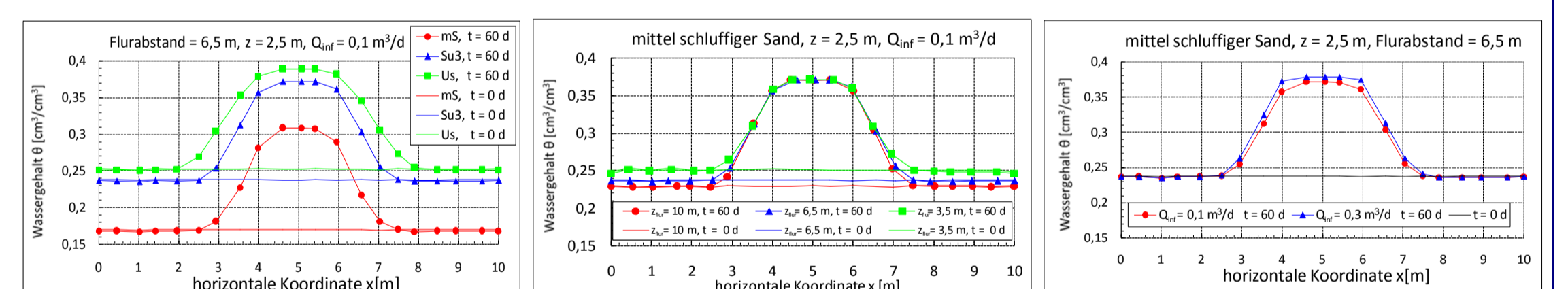


Abb. 6: Wassergehaltsverteilung zum Vergleich zwischen Bodenarten (links), Flurabständen (mitte) und Stromraten (rechts)

Schlussfolgerung und Ausblick

Mittels Modell Niederschlag wurde folgender Einfluss durch Niederschlag erkannt:

- Erhöhung des Wassergehaltes in der ungesättigten Zone (ca. 5 – 9 cm³/cm³)
Vergrößerung der Ausbreitung bei hohem Wassergehalt

Die mittels Modell Flurabstand ermittelte Sensitivität wurde in Tab. 3 zusammengefasst. Dabei ist die Sensitivität der Bodenart in Bezug auf die Ausbreitung bei gleichem Wassergehalt und jene der Infiltrationsrate bezogen auf die Geschwindigkeit deutlich.

Tab. 3: Sensitivität

Sensitivity matrix table with columns: Geschwindigkeit, Ausbreitung bei gleichem Wassergehalt, max. Ausbreitung.

Legend for sensitivity: ↑ Zunahme, ↓ Abnahme, ↔ keine Relation.

In Bezug auf die Kleinkläranlage wurden folgende Daten entnommen:

- Die Ankunftszeit beträgt 2 Tage bei einem Flurabstand von 3,5 m und einer Infiltrationsrate 0,3 m³/d
maximale Ausbreitung (d.h. Mindestabstand zwischen der Kleinkläranlage und ihrem Auslauf) nach 60 Tagen Simulationszeit
- Mittelsand 2,5 – 3,2 m - mittel schluffiger Sand 2,5 – 3 m
- sandiger Schluff 2,8 – 3,7 m

Weitere Untersuchungen

- Wiederholte Untersuchung bei mittel schluffigem Sand und sandigem Schluff aufgrund der umgekehrten Reihenfolge der Ankunftszeit im Vergleich mit kf-Wert
Untersuchung in größerem Modellnetz
Zeitabhängige Infiltration