

# Einfluss einer Sensitivitätsanalyse von tiefengestuftem Rauheiten auf das Ergebnis einer Starkregensimulation mit HYDRO-AS-2D

## 1. Zusammenfassung

Ein aktuelles Thema in der Wasserwirtschaft ist die Starkregensimulation, mithilfe derer niederschlagsinduzierte Oberflächenabflüsse dargestellt werden können. Aus den Ergebnissen dieser Berechnung können Aussagen über die Fließgeschwindigkeit des Abflusses sowie über die sich ergebende Wassertiefe getroffen werden. Somit bildet die Simulation eine Grundlage für das Starkregensrisikomanagement. Im Zuge des Preprocessing müssen verschiedene Parameter betrachtet werden, unter anderem der Strickler-Beiwert  $k_{St}$ , der die Rauheit einer Oberfläche definiert. Dieser Wert stammt aus der Gerinnehydraulik und ist abhängig von der Wassertiefe. Ursprünglich in der Sturzflutberechnung als konstant angenommen, geht der  $k_{St}$ -Wert für die Analyse und Simulation von Oberflächenabflüssen nach anerkannten Regeln der Technik als tiefengestuft in die Berechnung ein. Demnach stellt sich die Frage, inwiefern sich eine Tiefenstufung des Rauheitswertes auf das Ergebnis der Starkregensimulation auswirkt. Weiterhin ist von Interesse, wie sensitiv sich der Strickler-Beiwert verhält, also wie stark sich das Ergebnis bei Variation des Wertes ändert. Aufgrund dessen wurde ein Modellgebiet mit verschiedenen wassertiefenabhängigen Strickler-Beiwerten, sowie zum Vergleich ein Modell mit konstanten Rauheitswerten analysiert.

## 2. Untersuchungsgebiet

Jedes Untersuchungsgebiet zeichnet sich durch eine individuelle Zusammenstellung und Verteilung unterschiedlicher Oberflächen aus. Dementsprechend musste das betrachtete Areal zur Simulation in Rauheitsklassen zusammengefasst werden, um die Auswertung der Simulationsergebnisse zu erleichtern. Es handelt sich beim betrachteten Gebiet um ein von landwirtschaftlich genutzten und bewaldeten Flächen geprägtes Areal mit bebauten Gewerbeflächen im Süden des Untersuchungsraums. Die Einteilung des Untersuchungsgebiets erfolgte in die sechs Rauheitsklassen **Wald**, **Landwirtschaft**, **Bebauung**, **Straßenverkehr**, **Weg** und **Bahnverkehr**, wie Abbildung 1 veranschaulicht.

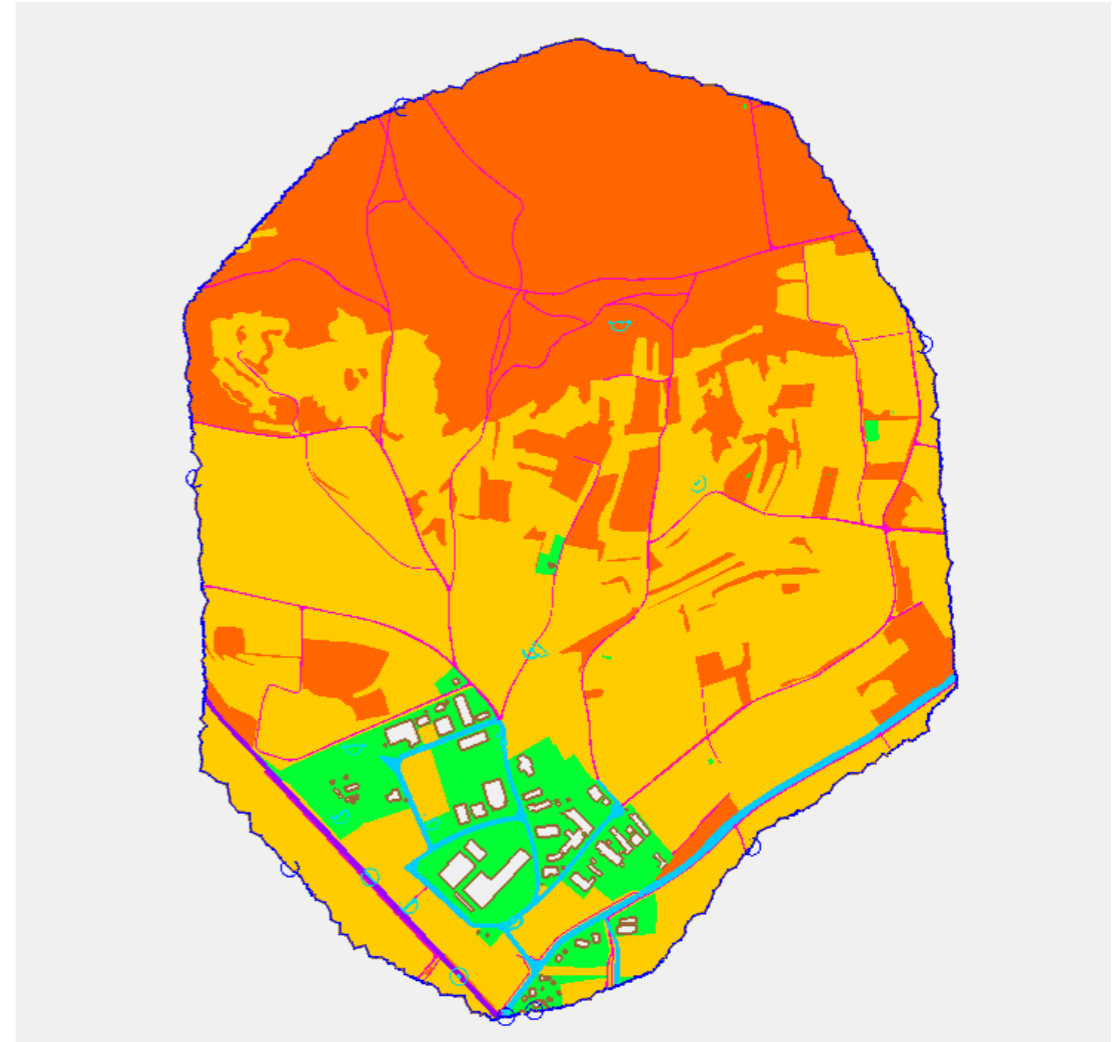


Abbildung 1: Darstellung des Untersuchungsgebietes, eingeteilt in verschiedene Rauheitsklassen

## 3. Modelle

Es wurden insgesamt vier verschiedene Varianten des Untersuchungsgebiets simuliert. Drei der Varianten erhielten unterschiedliche, tiefengestufte Strickler-Beiwerte für die sechs verschiedenen Rauheitsklassen. Dabei entsprachen die  $k_{St}$ -Werte des Referenzmodells den recherchierten Literaturangaben. Für Modell 2.0 und 3.0 wurden die variablen Rauheitsbeiwerte um 20 % erhöht bzw. vermindert. Um den Einfluss der Tiefenstufung des Strickler-Beiwerts selbst überprüfen zu können, wurde außerdem ein Modell mit konstanten Rauheitsbeiwerten für die Simulation angefertigt. Eine Übersicht über die simulierten Varianten gibt Tabelle 1.

Modellname	Gewählte Strickler-Beiwerte $k_{St}$
Referenzmodell	Tiefengestuft, aus Literaturangaben entwickelt
Modell 2.0	Tiefengestuft, Erhöhung um 20 %
Modell 3.0	Tiefengestuft, Verminderung um 20%
Modell 4.0	Konstant, laut Literaturangaben

Tabelle 1: Simulationsvarianten

## Kooperationspartner

## Ansprechpartner

Selina Roth, B. Eng.

GAUL INGENIEURE GmbH

Gundelsheimer Str. 110

96052 Bamberg

E-Mail: s.roth@gaul-ingenieure.de

www.gaul-ingenieure.de



## Einfluss einer Sensitivitätsanalyse von tiefengestuftem Rauheiten auf das Ergebnis einer Starkregensimulation mit HYDRO-AS-2D

Ein Beispiel für eine tiefengestufte Rauheit zeigt nachfolgende Grafik.

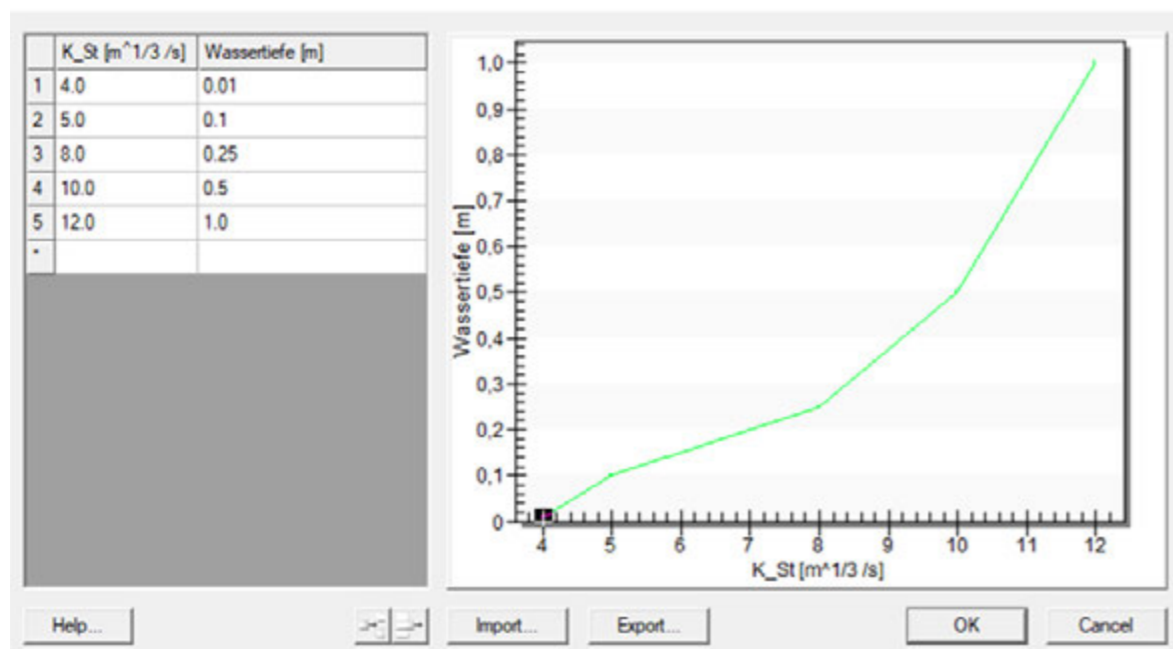


Abbildung 2: Tiefengestufter Strickler-Beiwert für die Rauheitsklasse „Wald“

### 4. Simulationsparameter

Zur Simulation des Starkregenereignisses diente ein Blockregen von 60 mm. Dieser Modellparameter wurde entsprechend gewählt, um eine Vergleichbarkeit des Parameters Oberflächenrauheit gewährleisten zu können. Der Regen startete fünf Minuten nach Beginn der Simulation und erstreckte sich über eine Stunde. Simuliert wurden insgesamt zwölf Stunden, um den Oberflächenabfluss über die vorhandenen Oberflächen ausreichend genau analysieren zu können.

### 5. Ergebnisse



Abbildung 3: Maximale Fließgeschwindigkeit im Untersuchungsgebiet (Referenzmodell)

Im Rahmen des Projektes wurde sowohl die Sensitivität der wassertiefenabhängigen Strickler-Beiwerte als auch die Auswirkung der tiefengestuftem Rauheitswerte selbst untersucht. Die Sensitivitätsanalyse brachte die Erkenntnis, dass eine Erhöhung des  $k_{St}$ -Wertes, also eine geringere Rauheit der Flächen, zwangsläufig zu höheren Fließgeschwindigkeiten und damit zu geringeren Wassertiefen führt. Umgekehrtes gilt für die Verminderung des Rauheitsbeiwertes. Eine Auswertung von Abflüssen an definierten Stellen im Untersuchungsgebiet zeigte einen erhöhten Maximalabfluss, sowie eine ausgeprägtere Steigung bis zum Maximum für das Modell mit erhöhtem  $k_{St}$ -Wert. Dieser Zusammenhang lässt sich durch die veränderte Fließgeschwindigkeit  $v$  erklären, die einen direkten Einfluss auf den Abfluss  $Q$  hat.

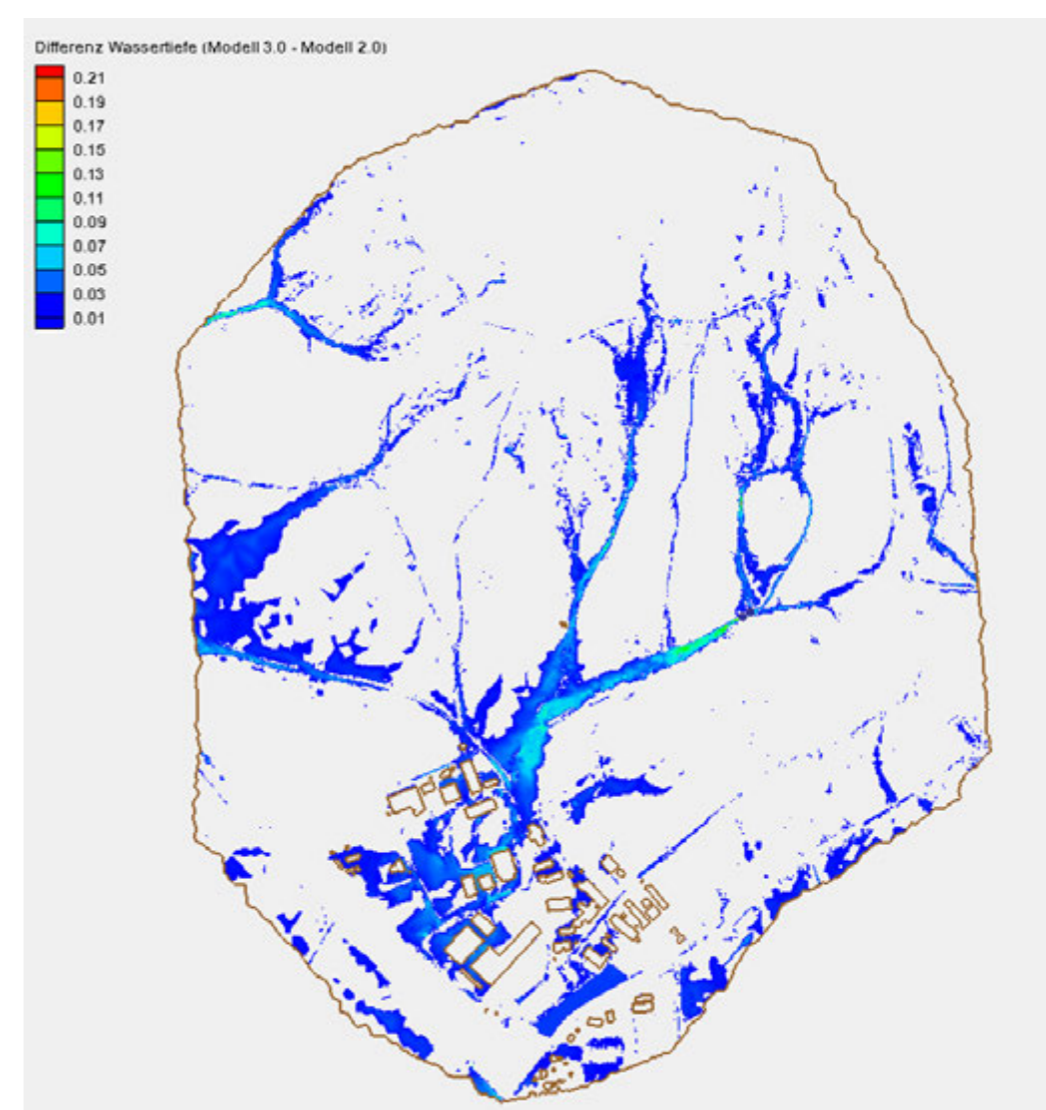


Abbildung 4: Maximale Wassertiefendifferenz zwischen Modell 2.0 und Modell 3.0

Es wurde weiterhin eine statistische Auswertung durchgeführt, die zeigte, dass eine Verminderung des Strickler-Beiwertes vermutlich einen größeren Einfluss auf das Ergebnis der Simulation hat, als eine Erhöhung desselben Wertes. Im zweiten Teil der Auswertung wurde das Referenzmodell mit tiefengestuftem Rauheiten mit einem Modell mit konstanten  $k_{St}$ -Werten verglichen. Dabei wurden Unterschiede hinsichtlich der Wassertiefe insbesondere im Bereich der Wälder und Landwirtschaft deutlich.

### Kooperationspartner

### Ansprechpartner

Selina Roth, B. Eng.

GAUL INGENIEURE GmbH

Gundelsheimer Str. 110

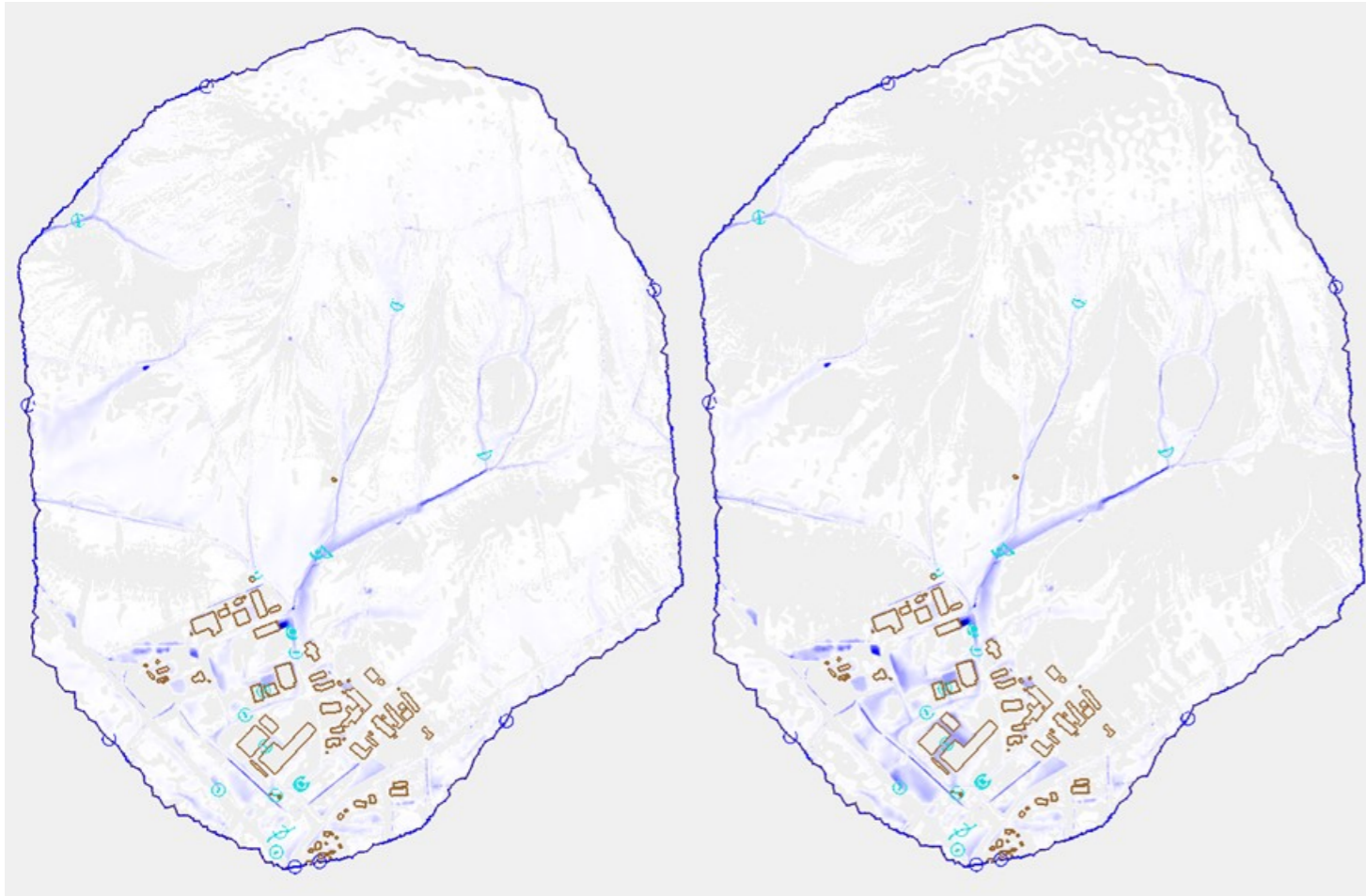
96052 Bamberg

E-Mail: s.roth@gaul-ingenieure.de

www.gaul-ingenieure.de



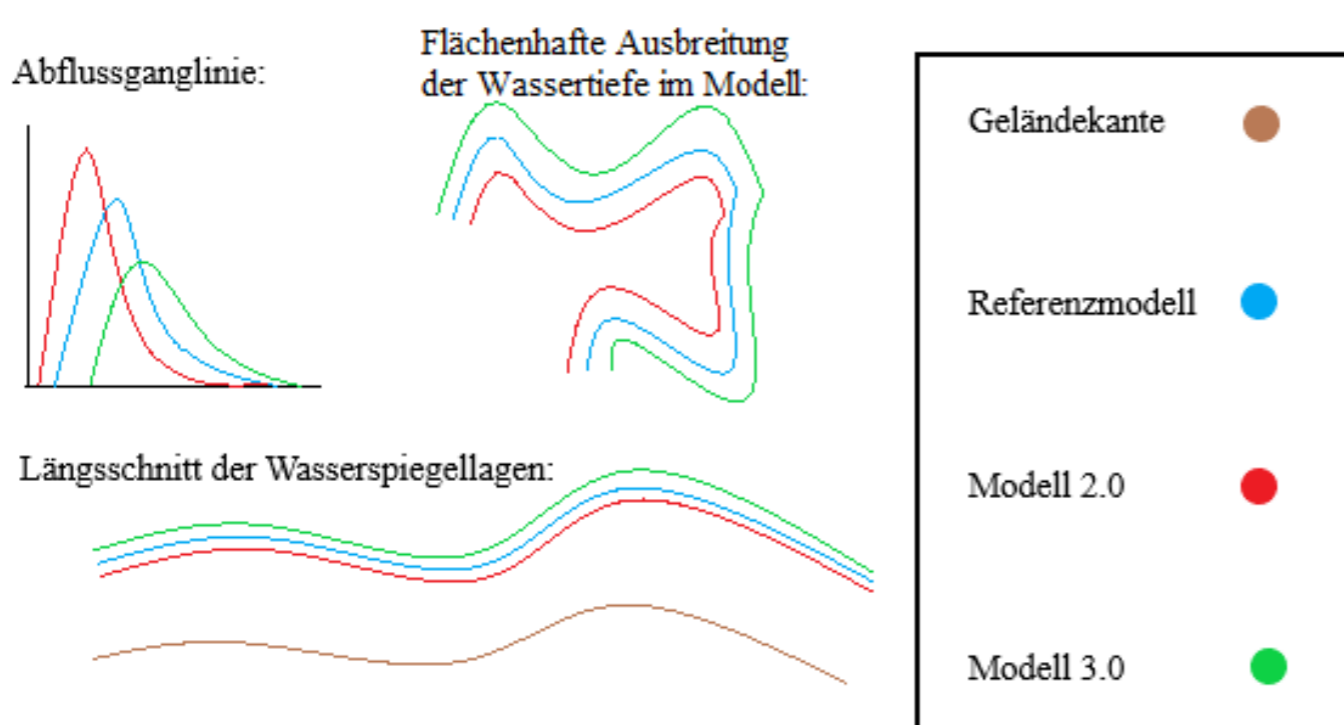
## Einfluss einer Sensitivitätsanalyse von tiefengestuftem Rauheiten auf das Ergebnis einer Starkregensimulation mit HYDRO-AS-2D



**Abbildung 5:** Vergleich der Wassertiefen von Modell 4.0 (rechts) zum Referenzmodell (links)

Das Modell mit konstanten Rauheiten zeigte über das gesamte Untersuchungsgebiet hinweg eine erhöhte Fließgeschwindigkeit auf. Durch die Betrachtung der Kontrollquerschnitte konnte nachgewiesen werden, dass sich die Wahl der konstanten Rauheiten nicht direkt auf die Abflussmaxima, jedoch auf den Zeitpunkt und die Zeitspanne des Abflussgeschehens auswirkt.

Eine grafische Darstellung der erhaltenen Ergebnisse veranschaulicht Abbildung 6.



**Abbildung 6:** Darstellung der erhaltenen Ergebnisse

### 6. Fazit

Bei der Starkregensimulation, die aufgrund der immer häufiger und heftiger werdenden Wetterereignisse stark an Bedeutung gewinnt, ist die Rauheit der Oberflächen von großer Bedeutung und trägt zur Ergebnisfindung bei. Die Tiefenstufung des  $k_{ST}$ -Wertes hat zur Folge, dass sich die Rauheit des Untergrund mit steigendem und fallendem Wasserstand des Oberflächenabflusses verändert. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei der Starkregensimulation eine Verwendung von tiefengestuftem Rauheitswerten eher die Realität abbildet, als die Zuhilfenahme konstanter Werte. Bei der Verwendung von konstanten Strickler-Beiwerten für die Starkregensimulation ist anzuführen, dass die in der Literatur gefundenen Werte erhöht werden müssen, da der  $k_{ST}$ -Wert abhängig von der Reynoldszahl ist und laut Manning-Strickler-Formel nur für turbulente Strömung gilt. Jedoch kommt bei oberflächlich abfließenden Niederschlägen häufig keine turbulente Strömung zustande.

Im Hinblick auf die Tiefenstufung der Rauheitsbeiwerte bedarf es der weiteren Forschungsarbeit, um tiefengestufte Rauheitswerte für verschiedene Flächen aufzustellen und zu bestätigen, damit die Ergebnisse von Simulation und Realität möglichst exakt übereinstimmen.



**Abbildung 7:** Fotoaufnahme einer landwirtschaftlich genutzten Fläche im Untersuchungsgebiet mit Blick auf bebautes Areal

Das Thema „Einfluss einer Sensitivitätsanalyse von tiefengestuftem Rauheiten auf das Ergebnis einer Starkregensimulation mit HYDRO-AS-2D“ wurde im Rahmen einer Projekt- und Bachelorarbeit in Kooperation mit dem Ingenieurbüro GAUL INGENIEURE GmbH in Bamberg unter Betreuung von Frau Professorin Wimmer bearbeitet.

### Kooperationspartner



### Ansprechpartner

**Selina Roth, B. Eng.**

GAUL INGENIEURE GmbH

Gundelsheimer Str. 110

96052 Bamberg

E-Mail: [s.roth@gaul-ingenieure.de](mailto:s.roth@gaul-ingenieure.de)

[www.gaul-ingenieure.de](http://www.gaul-ingenieure.de)