



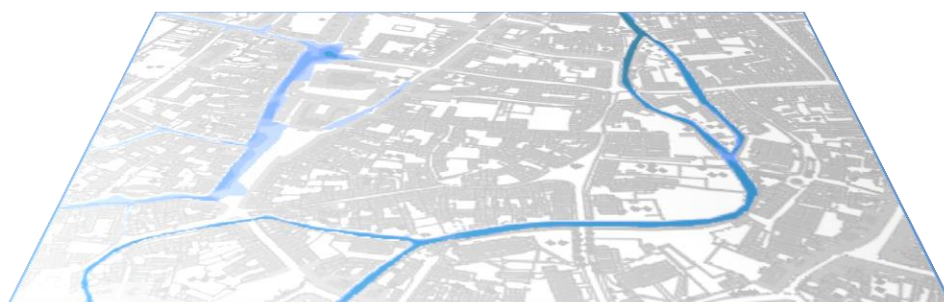
INGENIEURBÜRO FÜR BAUWESEN
DIPL.-ING. LARS DEUTER
BERATENDER UND BAUVORLAGEN-
BERECHTIGTER INGENIEUR
INGENIEUR-KAMMER LSA NR. 3578

BERATUNG PLANUNG BAULEITUNG
STRASSENBAU
SIEDLUNGSWASSERBAU/KANALISATION
STÜTZMAUERSANIERUNG/
HANGSICHERUNG/
WASSERBAU
INGENIEURVERMESSUNG/GIS_KARTEN/
DATENBANKMANAGEMENT/
INTERNETANWENDUNGEN

ING.-BÜRO DEUTER: METTESTRASSE 19 · 06484 QUEDLINBURG, TELEFON (03946) 77949-0, TELEFAX (03946) 77949-24,
E-MAIL: buero@ibdeuter-quedlinburg.de INTERNET: ibdeuter-qlb.de

Welterbestadt Quedlinburg:

Überprüfung der Vorflutverhältnisse des Niederschlagswasserableitungssystems des Mühlgrabens (nordwestlich der Bode)



Zweckverband
Wasserversorgung und Abwasserentsorgung Ostharz
Lindenstraße 8b
06484 Quedlinburg

aufgestellt:
28.07.2017

Bearbeiter:
B. Sc. Daniel Janorschke
Dipl.-Ing. Lars Deuter

Dipl.-Ing. Lars Deuter

Inhaltsverzeichnis:

1. Zielstellung	2
2. Datengrundlage	2
3. Hydraulische Kanalnetzberechnung	3
4. Berechnung des Strömungsmodells	4
5. Ergebnisse	5
6. Vorschläge	10

Erläuterung

In den letzten Jahren kam es bei großen Regenereignissen vermehrt zu Überschwemmungen in verschiedenen Stadtgebieten der Harzregion. Diese Entwicklung geht mit einer zunehmenden Verdichtung der Starkniederschlagsereignisse einher. Zu den betroffenen Gebieten zählt auch die Welterbestadt Quedlinburg. Um die Ursache dieser Überschwemmungen näher zu definieren und mögliche Gegenmaßnahmen auszuarbeiten, veranlasste der Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserentsorgung Ostharz (ZVO) die Überprüfung der Vorflutverhältnisse des Niederschlagswasserableitungssystems in der Stadt Quedlinburg nordwestlich der Bode. Mit dem Vertrag vom 24.08.2016 wurde das Ingenieurbüro für Bauwesen Dipl.-Ing. Lars Deuter mit diesem Projekt beauftragt.

1. Zielstellung

Ziel des Projektes war es, ein hydraulisches Simulationsmodell des Mühlgrabensystems, des Stiefelgrabens und der Stadtgebiete Quedlinburgs, deren Niederschlagswasserkanalnetz diesen Gräben zulaufen, zu erstellen und für verschiedene maßgebliche Regenereignisse zu untersuchen. Hierfür sollen alle Kanalnetze, welche in den Mühlgraben oder den Stiefelgraben ableiten, hydraulisch berechnet werden. Die Stadtgebiete, deren Niederschlagswasser in die Bode abgeleitet wird sowie die Bode selbst waren nicht Bestandteil dieser Untersuchung.

Die Ergebnisse der Simulationsberechnungen sollen aufbereitet und ausgewertet werden. Auf Basis der Ergebnisse sollen Vorschläge zur Verbesserung des Niederschlagswasserableitungssystems im nordwestlichen Gebiet der Welterbestadt Quedlinburg erarbeitet werden.

2. Datengrundlage

Meteorologie

Für die Erstellung der verschiedenen Regenmodelle wurden Starkniederschlagswerte des KOSTRA-Atlas und die veröffentlichten Stundenwerte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) genutzt.

Topographie

Als topographische Grundlage diente die vom ZVO zur Verfügung gestellte Übersichtskarte des Niederschlagswasser- und Mischwasserkanalnetzes der Stadt Quedlinburg. Das digitale Geländemodell wurde vom Ingenieurbüro Deuter auf Basis eigener Geländedaten ausgearbeitet.

Gewässermorphologie

Zur Erstellung des digitalen Modells des Mühlgrabens und des Stiefelgrabens wurde im September 2016 eine Vermessung des Grabensystems durchgeführt. Die erhaltenen Vermessungsdaten wurden anschließend aufbereitet.

Kanalnetzstruktur

Für die Erstellung der Kanalnetzmodelle dienten die Übersichtskarte des Niederschlagswasser- und Mischwasserkanalnetzes des ZVO und die Ergebnisse der Besichtigungen des Ingenieurbüro Deuter.

Welterbestadt Quedlinburg:

Überprüfung der Vorflutverhältnisse des Niederschlagswasserableitungssystems des Mühlgrabens

3. Hydraulische Kanalnetzberechnung

Die Berechnung des Niederschlagswasserkanalnetzsystems erfolgte mit dem Programm Civil 3D 2016 und der Erweiterung cseTools. Hierfür wurden alle 33 NW-Netze, welche dem Mühlgraben und dem Stiefelgraben zulaufen, auf Basis des Übersichtsplans des ZVO, digital erstellt. Zusätzlich wurden 5 weitere Kanalmodelle erstellt, welche zur Berechnung oberirdischer Zuflüsse dienten. Beispiele hierfür sind die Furt in der Wassertorstraße und der oberirdische Zufluss bei der Schützenbrücke.

Den Haltungen der einzelnen Kanalnetzmodelle wurden nach DWA-118, unter Berücksichtigung der Geländeneigung, Teileinzugsgebiete zugeordnet. Zur Ermittlung des Befestigungsgrads jedes Teileinzugsgebietes wurden die Flächen prozentual in vier Kategorien unterteilt und die einzelnen Werte summiert. Dabei wurden Dächer und Straßen mit 90%, Pflasterflächen mit 40%, Schotterflächen mit 15% und Grünflächen mit 5% angesetzt (siehe Unterlage 3.2 – Tabelle der Einzugsgebiete). Jede Haltung wurde mit einer betrieblichen Rauheit von 0,75 definiert.

Jedes Kanalnetz wurde für die Regenereignisse mit einer Wiederkehrzeit von 2 Jahren ($h_N = 17,3$ mm), 5 Jahren ($h_N = 22,6$ mm) und 10 Jahren ($h_N = 26,5$ mm) untersucht. Dabei wurde sowohl ein stationäre, als auch eine instationäre Berechnungsmethode nach DWA-A 118 durchgeführt.

Für die stationäre Berechnung der Kanalnetze wurde das Zeitbeiwertverfahren nach KOSTRA angewendet. Dieses Verfahren ist die herkömmliche Berechnungsmethode zur Dimensionierung von Niederschlagswasserkanalnetzen. Bei der Berechnung wird der Scheitelabfluss des Kanalnetzes für eine konstante Regenspende ermittelt. Das Zeitbeiwertverfahren gibt jedoch keinen Aufschluss über die Funktionsfähigkeit des Kanalnetzes. Aus diesem Grund wurden zudem instationäre Berechnungen mit einem Regenmodell nach Euler (Typ II) durchgeführt. Bei dieser Berechnungsmethode wird die Regenspende nicht konstant angesetzt sondern in Intervalle mit unterschiedlicher Intensität unterteilt. Bei dem angesetzten Modellregen nach Euler (Typ II) wird der Spitzenintervall nach einem Drittel der Regendauer erreicht. Dieses Berechnungsverfahren berücksichtigt Druckabflüsse und Rückstauverhalten in dem Kanalnetz und Ausläufe über den Schächten.

Die Richtlinie DWA-118 empfiehlt, für die Dauer eines Bemessungsregens mindestens die zweifache Fließzeit in dem Kanalnetz anzusetzen. Aufgrund der langen Fließzeit in dem Kanalnetz „Donndorfstraße“ und zur Vergleichbarkeit der Berechnungsergebnisse jedes Netzes wurden die Regenmodelle mit einer Dauer von 45 Minuten angesetzt. Die Regendauer hat keine Auswirkungen auf die Größe des Spitzenintervalls des Regenmodells nach Euler.

Zusätzlich zu den drei Bemessungsregen wurden zwei weitere Regenmodelle zur Untersuchung früherer Regenereignisse in der Stadt Quedlinburg erstellt.

Dies wäre zum einen das Regenereignis vom 02.06.2016. Am Vormittag dieses Tages gab es zwei kurz aufeinanderfolgende Starkniederschlagsereignisse in Quedlinburg. Nach den Stundenwerten des DWD wurden für diese Regenereignisse eine Niederschlagshöhe von 19,6 mm bzw. 19,3 mm gemessen. Jedes dieser beiden Ereignisse entspricht, bei einer angesetzten Regendauer von 30 Minuten, einem Regenereignis mit einer Wiederkehrzeit von 5 Jahren.

Das zweite Regenmodell eines historischen Ereignisses bezieht sich auf den 16.08.2015. Am Abend dieses Tages wurde in weniger als einer Stunde eine Niederschlagshöhe von 52,4 mm gemessen. Ein 100-jähriges Regenereignis für diese Region wird für eine Regendauer von 45 Minuten mit 39,7 mm definiert. Das damalige Regenereignis ist als deutlich über ein HQ100 einzustufen.

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung wurden für jedes der fünf berechneten Regenmodelle in einer Übersichtskarte dargestellt (siehe Unterlage 3.3 Übersichtspläne der Zu- und Ausläufe). Die Pläne zeigen den instationär ermittelten hydraulischen Zustand jeder Haltung. Zudem werden die berechneten Ausläufe über den Schächten dargestellt. Die Beschriftung der Ausläufe des Grabensystems zeigt den instationär ermittelten maximalen Auslauf Q_{max} , den stationär ermittelten Auslauf Q_{ist} und den maximal rechnerischen Durchfluss der letzten Haltung Q_{voll} .

4. Berechnung des Strömungsmodells

Für die Erstellung des Strömungsmodells wurden die Programme Surface-Water Modeling System (SMS) und Hydro_AS-2D verwendet.

Grundlage für das Berechnungsmodell waren das von uns ausgearbeitete digitale Geländemodell der Stadt Quedlinburg und die Daten aus der Vermessung des Mühlgrabens und des Stiefelgrabens vom September 2016. In dem Modell wurden alle Gebäude als nicht durchströmbare Flächen definiert. Zudem wurden die vorhandenen Wehre in das Berechnungsmodell eingefügt. Alle relevanten Straßen mit überlaufenden Schächten wurden mit einem Freibord von 10 cm in das Modell eingearbeitet.

Nach der Fachliteratur zum Berechnungsalgorithmus Hydro_AS-2D werden folgende Manning-Strickler-Beiwerte empfohlen:

<i>Flussbett im Flachland:</i>	32 – 35
<i>Straßen und befestigte Wege:</i>	35 – 40
<i>lockere Bebauung:</i>	16

Da es sich bei dem untersuchten Gewässernetz um unterhaltene und zum Großteil befestigte Gräben handelt wurde das Flussbett in dem Modell mit einem Manning-Strickler-Beiwert von 35 definiert. Für die Straßen wurde der empfohlene Mindestwert von 35 angesetzt, da es sich bei den für die Berechnung bedeutungsvollen Gebieten um gepflasterte Straßen handelt. Das Umland wurde mit einem Manning-Strickler-Beiwert von 16 definiert.

Die Zuflüsse der Gräben wurden nach der Fließformel nach Manning-Strickler auf einen durchschnittlichen Wasserstand von 10 Zentimetern ermittelt. Für die Berechnung wurden das mittlere Gefälle von Beginn bis zu Ende des jeweils modellierten Grabens und der maßgebliche Fließquerschnitt angesetzt. Dabei ergab sich für den Mühlgraben ein Zufluss von ca. 0,43 m³/s und für den Stiefelgraben ein Zufluss von ca. 0,28 m³/s. In dem Modell wurden die instationär ermittelten Zuflusskurven aller berechneten Kanalnetze integriert (siehe Unterlage 4.2 – Darstellung der Zulaufkurven). Das Kanalnetz „Edeka“ im Weyhegarten wurde, aufgrund der amorphen Form des Mückengrabens am Zulauf und des geringfügigen Einflusses auf das Grabensystem im Stadtzentrum, in dem Modell nicht berücksichtigt. Der Zulauf der Lindenstraße, welcher ebenfalls dem Mückengraben zuläuft, wurde direkt an den Mühlgraben angeschlossen. Zudem wurden die ermittelten Auslaufkurven der einzelnen Schächte in das Modell eingearbeitet.

Bei den ersten Berechnungen wurde das Wehr im Wordgarten, welches den Verbindungsgraben zwischen dem Mühlgraben und dem Stiefelgraben steuert, als geschlossen definiert. In dem Berechnungsmodell stellt sich somit in dem Verbindungsgraben ein Wasserstand von 0,0 cm ein. Da

Welterbestadt Quedlinburg:

Überprüfung der Vorflutverhältnisse des Niederschlagswasserableitungssystems des Mühlgrabens

weitere Berechnungen mit geöffnetem Wehr keine entscheidenden Auswirkungen auf die Ergebnisse hatten, wurden für die Auswertung die Berechnungsmodelle mit geschlossenem Wehr im **Wordgraten** verwendet.

Die Berechnungen benötigen im Modell einen Vorlauf von 2 Stunden, um die Gräben zu füllen. Nach dieser Zeit beginnt das jeweilige Regenereignis. Um das Abflussverhalten zu untersuchen, wurden die Modelle bis 2 Stunden nach dem Ende des jeweiligen Regenereignisses berechnet.

Die Ergebnisse der Strömungsmodelle wurden für jedes Regenmodell in einem Plan mit Überflutungskarten zu verschiedenen Zeitschritten der Simulation dargestellt (siehe Unterlage 4.1 - Überflutungskarten). Zudem wurde für jedes Ereignis eine Video-Datei erstellt.

5. Ergebnisse

Für die Bemessung von Abwasserkanalnetzen wird in der DIN EN 752-4 für Wohngebiete ein Bemessungsregen mit einer Wiederkehrzeit von 2 Jahren empfohlen. Die durchgeführten Berechnungen zeigen, dass die betrachteten Niederschlags- und Mischwasserkanalnetze für den empfohlenen Bemessungsregen ausreichend dimensioniert sind. Zudem ist auf Basis unserer Berechnungen festzustellen, dass die betrachteten Kanalnetze für ihr direktes Einzugsgebiet (den an das Kanalnetz angeschlossenen Straßen und Wohngrundstücken) bis zu einem Regenereignis mit einer Wiederkehrzeit von 5 Jahren funktionieren. Das Modell zeigt, dass das Grabensystem im Innenstadtbereich ein Regenereignis mit einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren ohne Überlauf ableiten kann. Aufgrund der Zuflüsse aus den indirekten Einzugsgebieten (Grünflächen und Zuwegungen wie z.B. der Ziegelhohlweg) stößt das Kanalnetz jedoch bei diesem Bemessungsregen von 5 Jahren an seine Grenzen und es kommt zu Ausläufen über den Schächten. Dabei sind die einflussstärksten Überläufe in den folgenden drei Netzen zu erkennen:

Das Kanalnetz „*Donndorfstraße*“ besitzt das größte betrachtete Einzugsgebiet. In dem Netz kommt es im Weinbergweg und der Taubenbreite über die Schillerstraße bis hin zur Wallstraße zu einem starken Überstau in den Haltungen. Das austretende Niederschlagswasser fließt hierbei oberirdisch bis zur Donndorfstraße und sammelt sich dabei im Bereich des Staufenbergplatzes und der Schmalen Straße, Kreuzung Grabengasse.

Das Kanalnetz „*Grabengasse*“ zeigt einen starken Überlauf in der Schmalen Straße, wobei das Wasser im Bereich Schmale Straße, Goldstraße zusammenläuft.

In dem Kanalnetz „*Carl-Ritter-Straße West*“ kommt es in der Westerhäuser-Straße, der Zwergkuhle und der Langen Gasse zu Ausläufen aus dem Kanalnetz. Das austretende Niederschlagswasser fließt dabei oberirdisch von der Altetopfstraße durch die Hohe Straße und der Blasiistraße auf den Marktplatz. Von dort aus sammelt sich das Wasser in Richtung Kornmarkt. Dieser Fluss konnte vom Ingenieurbüro Deuter am 22.06.2017 dokumentiert werden (siehe Seite 6 bis 9). Nach den DWD-Daten besaß das Regenereignis an diesem Nachmittag eine Niederschlagshöhe von 18,3 mm, was einem Bemessungsregen mit einer Wiederkehrzeit von 10 Jahren entspricht.

Dokumentation des Regenereignisses vom 22.06.2017

1 - Westerhäuser-Straße



2 - Wipertistraße



3 - Altetopfstraße



4 – Hohe Straße



5 - Blasiistraße



6 - Marktplatz



7 - Marktstraße



8 - Kornmarkt



6. Vorschläge

Welterbestadt Quedlinburg:

Überprüfung der Vorflutverhältnisse des Niederschlagswasserableitungssystems des Mühlgrabens

Die Berechnungen zeigen, dass das der **Fleißquerschnitt** des Grabensystems für die aktuelle Situation gerade ausreicht, jedoch an der Grenze seiner Kapazität steht. Zudem treten aktuell bei Regenereignissen mit einer Wiederkehrzeit von 5 Jahren und mehr große Niederschlagswassermengen aus dem Kanalnetz aus und sammeln sich im Innenstadtbereich. Eine Aufweitung des Grabensystems ist aufgrund der umliegenden Bebauung nicht möglich.

Während der Vermessung wurde festgestellt, dass Teilbereiche des Mühlgrabens dringend unterhaltungswürdig sind, da Verlandungsstellen mit einer Höhe von bis zu 20 cm zu erkennen sind. Jedoch würden diese Eingriffe keine Auswirkungen bezüglich der errechneten Bilder haben, da in dem Strömungsmodell die feste Sohltiefe der Gräben angesetzt wurde. Eine größere Dimensionierung der überstauenden Kanalnetze im Stadtzentrum wäre nicht zielführend, da so weitere Niederschlagswassermengen dem Grabensystem zulaufen würde, was ein Überlaufen der Gräben in der Innenstadt zur Folge haben würde. Eine Steuerung des Wehres, welches den Mühlgraben mit dem Stiefelgraben verbindet, ist ebenfalls nicht relevant für die Auswirkungen der Starkniederschlagsereignisse, da der Großteil der Einleitstellen hinter diesem Wehr liegt.

Aufgrund des berechneten großen Einstaus in dem Kanalnetz „*Donndorfstraße*“ empfiehlt sich eine nähere Untersuchung dieses Netzes hinsichtlich der Anpassung der Rohrdimensionierung. Von dem Einstau sind besonders die Haltungen in die Friedrich-Jahn-Straße und die Haltungen vom Weinbergweg bis zur Wallstraße betroffen.

Zur Entlastung der Kanalnetze „*Donndorfstraße*“ und „*Carl-Ritter-Straße West*“ schlagen wir vor, drei Regenrückhaltebecken in das Niederschlagswasserkanalnetz zu integrieren. Dabei ist ein unterirdischer Staukanal in der Westerhäuser Straße und in der Schillerstraße vorgesehen. Zudem ist ein dritter, prioritär geringer einzustufender Staukanal in der Donndorfstraße vorgesehen.

Um das anfallende Niederschlagswasser außerhalb des Stadtkerns in den Mühlgraben leiten zu können, empfehlen wir einen Verbindungskanal vom Kornmarkt durch die Schmale Straße bis zum **empfohlenen** Staukanal in der Donndorfstraße zu legen.

Die **empfohlenen** Maßnahmen zur Verbesserung des Niederschlagswasserableitungssystems des Mühlgrabens sind in der Unterlage 1.2 – *Darstellung der Vorschläge* abgebildet.