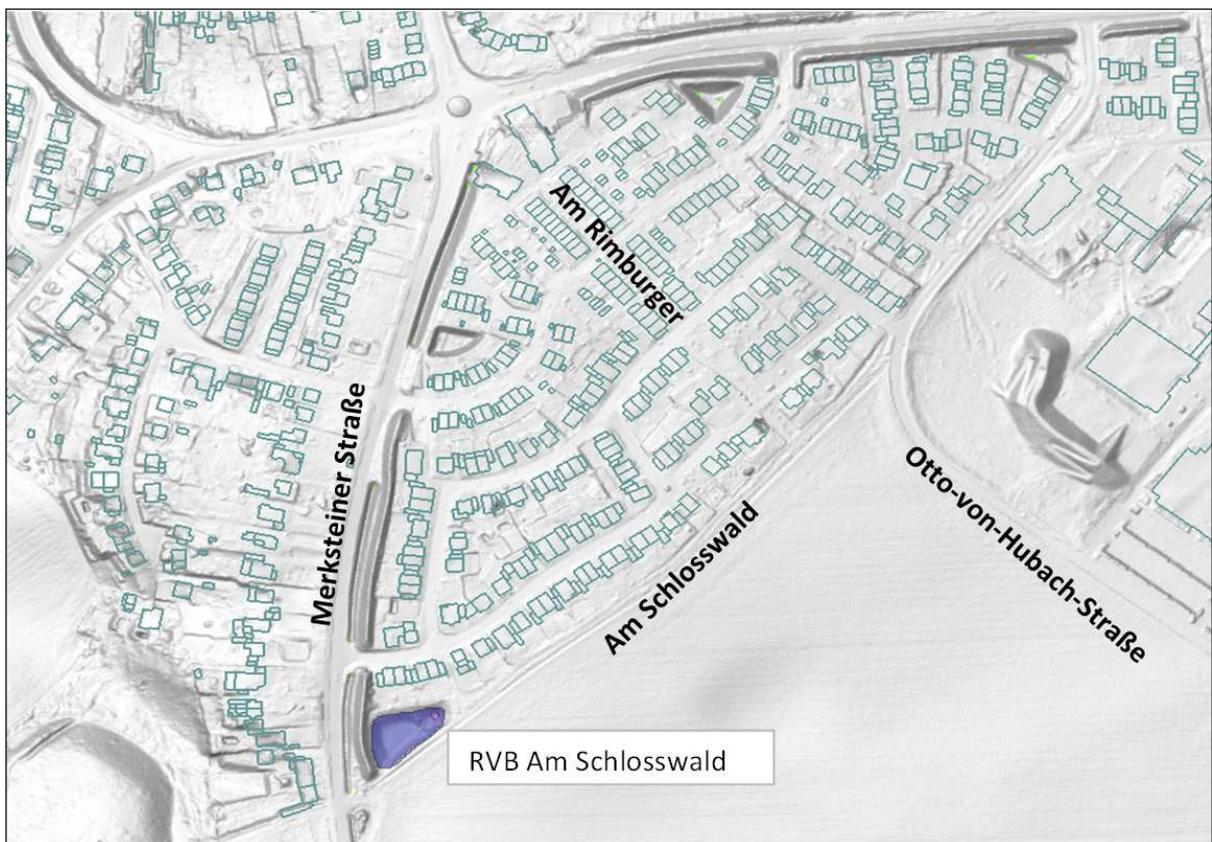




Stadt Übach-Palenberg

Erschließung Otto-von-Hubach-Straße - Messkampagne am RVB Schlosswald -



(Quelle: Hydrotec GmbH, Aachen)

Erläuterungsbericht

November 2019



Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH

Beratende Ingenieure Ingenieurkammer-Bau NRW

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG	3
2	VORHANDENE PLANUNGSGRUNDLAGEN	4
3	GRUNDLAGEN	4
4	ERGEBNISSE	5
4.1	BECKENGRÖßE	5
4.2	VERSICKERUNGSLEISTUNG	6
4.3	ANGESCHLOSSENE EINZUGSGEBIETE	6
4.4	ÜBERLEITUNG REGENWASSER IN ANDERE NETZTEILE.....	7
4.5	FEHLANSCHLUSSMESSUNG IM SW-NETZ	7
4.6	ÜBERFLUTUNGSPRÜFUNG.....	8
4.7	ANSCHLUSS ZUSÄTZLICHER FLÄCHEN.....	8
5	ZUSAMMENFASSUNG	9

ANLAGEN

- 1 Messkampagne, IB Kisters
- 2 Überflutungsprüfung Hydrotec GmbH
- 3 Projekt-CD

1 VERANLASSUNG

Im April 2019 wurde die Entwässerungsstudie zum Anschluss des geplanten Bauriegels an der Otto-von-Hubach-Straße durch das Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH fertiggestellt. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass eine Entwässerung in Richtung Rimburger Acker und damit ein Anschluss an das vorhandene Trennsystem möglich ist. Das Niederschlagswasser des Bauriegels muss dann vom Regenversickerungsbecken (RVB) „Am Schlosswald“ aufgenommen werden können. Die Ableitung des Niederschlagswassers soll allerdings temporär erfolgen, da mit der Erschließung des geplanten Baugebietes „Rimburger Acker II“ südlich der Otto-von-Hubach-Straße ein eigenes Versickerungsbecken vorgesehen ist, an das ein Anschluss erfolgen kann. Zur Absicherung des erarbeiteten Konzeptes schlug das Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH in einer Besprechung am 27.03.2019 bei der Stadt Übach-Palenberg vor, die Leistungsfähigkeit des RVB „Am Schlosswald“ zu überprüfen. Im Einzelnen sollte eine Vermessung des Beckens, eine Niederschlagsabflussmessung zur Kalibrierung des angeschlossenen Einzugsgebietes und eine Überflutungsprüfung vorgenommen werden. Die Leistungen wurden vom Büro Pajonk (Vermessung), der Kisters AG (Messkampagne) und Hydrotec (Überflutungsprüfung) im Sommer/Herbst 2019 erbracht. Das Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH wurde mit den koordinierenden Leistungen am 06.06.2019 beauftragt.

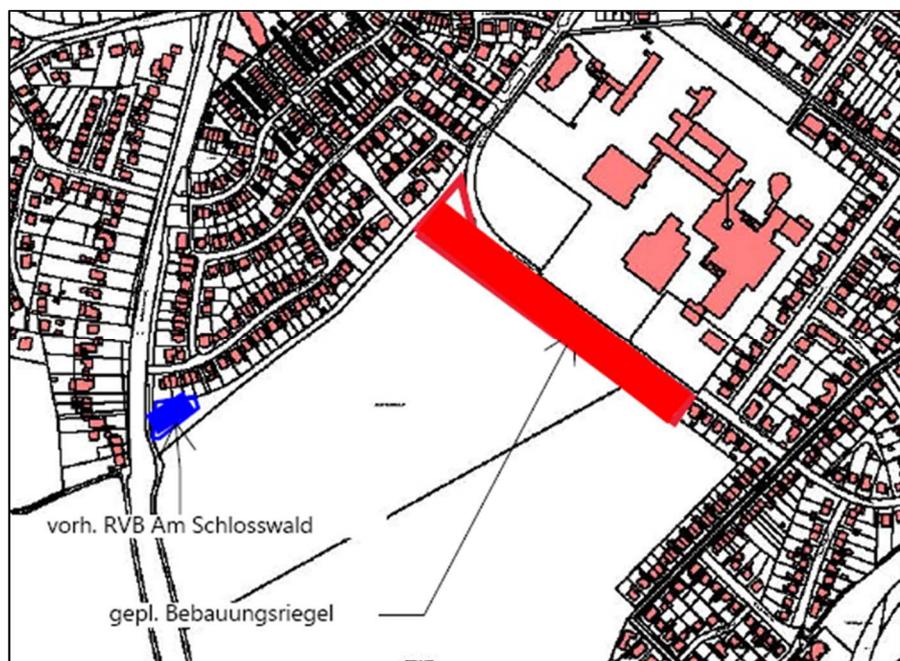


Abb. 1: geplanter Bebauungsriegel südlich der Otto-von-Hubach-Straße und Versickerungsbecken (RVB) „Am Schlosswald“.

2 VORHANDENE PLANUNGSGRUNDLAGEN

Dem Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH lagen folgende Planungsgrundlagen vor:

- Entwässerungsstudie zum Anschluss des geplanten Bauriegels Otto-von-Hubach-Straße, Achten und Jansen GmbH, April 2019
- Vermessung des RVB „Am Schlosswald“, Vermessungsbüro Pajonk, Mai 2019
- Messkampagne am RVB „Am Schlosswald“ sowie an 2 Schachtbauwerken im SW-Netz, Kisters AG, Oktober 2019
- Überflutungsprüfung am RVB „Am Schlosswald“, Hydrotec GmbH, Oktober 2019
- Besprechungsvermerk vom 27.03.2019 bei der Stadt Übach-Palenberg FB 5/6

3 GRUNDLAGEN

- Vermessung des Beckens durch das Büro Pajonk, Aachen, Mai 2019
Lagebezugssystem: UTM-System (Lagestatus 489)
Höhenbezugssystem: DHHN2016, NHN, Höhenstatus 170
Referenzpunkt der Vermessung: Höhenfestpunkt 500290439, 115.711 müNHN.
Erfasst sind Wegränder, Bruchkanten, Material- und Bewuchsgrenzen, Baumbestand mit Stamm und Kronendurchmesser (wenn Stammdurchmesser $\geq 0,3$ m) und vorgefundene Schieberkappen und Schachtdeckel.
- Niederschlagsabflussmessung durch die Kisters AG, Aachen, Juni - Oktober 2019
Messzeiträume:
Niederschlagsmessung: 14.06. - 27.10.2019
Wasserstandmessung im RVB: 14.06. - 31.10.2019
Zulaufmengenmessung zum RVB: 14.06. - 31.10.2019
- Auswertung des „Versagensrisikos“ des RVB „Am Schlosswald“ (Überflutungsprüfung) durch das Büro Hydrotec GmbH, Aachen im Oktober 2019

4 ERGEBNISSE

Die Auswertungen der Büros sind detailliert in separaten Dokumentationen als Anlage zu diesem Bericht aufgeführt.

4.1 BECKENGRÖÖBE

Die Auswertung der Vermessung durch unser Büro ergab ein Volumen von max. 1.700 m³ bis zum Überlauf. Das Volumen ist damit real sogar etwas größer als das der ursprünglichen Planung (ca. 1.500 m³) vom Büro Brendt von April 2002. Es wird auf das Kap. 5.1 der Studie zur Otto-von-Hubach-Straße verwiesen. Das Ergebnis wird durch die Untersuchungen vom Büro Hydrotec bestätigt (vgl. Bericht Hydrotec Kap.2 S 6/7).

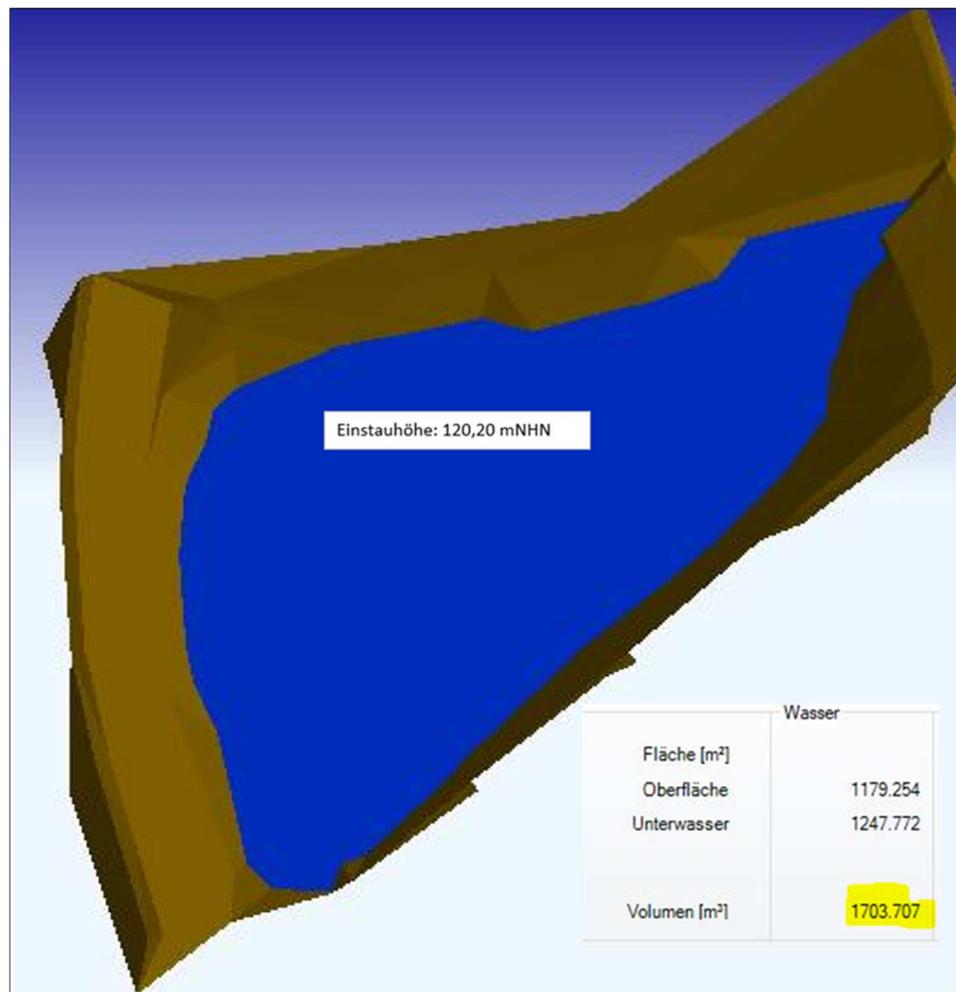


Abb. 2: Beckenvolumen mit VESTRA ermittelt (Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH)

4.2 VERSICKERUNGSLEISTUNG

Die Versickerungsleistung (vgl. Bericht Studie Kap. 5.1) wird im Einleitungsantrag (Büro Brendt) wie folgt angegeben:

Leeres Becken: **3,5 l/s**

halb gefülltes Becken (Wasserstand bei 1,5 m): **13 l/s**

gefülltes Becken (Wasserstand bei 2,0 m): **17,5 l/s**

Das Ingenieurbüro Kisters AG ermittelte eine Versickerungsleistung (vgl. Bericht Kisters Kap. 4.1.4) von 14,5 m³/h (**4 l/s**). Die Wasserstände liegen bei den statistisch ausgewerteten 7 Regenereignissen zwischen 2 und 38 cm.

Die Versickerungsleistung entspricht damit für kleine Einstautiefen sehr genau den Ansätzen der ursprünglichen Planung. Für größere Einstautiefen konnte das nicht verifiziert werden, da der max. Einstau innerhalb des Messzeitraumes lediglich 67 cm betrug.

4.3 ANGESCHLOSSENE EINZUGSGEBIETE

Für das an das RVB angeschlossene Einzugsgebiet liegen verschiedene Größenangaben vor:

- 1) Generalentwässerungsplan / Studie (beide aj): $A_{eb, Bestand} = 3,9 \text{ ha}$
- 2) GEP / Studie / Prognose (beide aj): $A_{eb, Prognose} = 4,4 \text{ ha}$
- 3) Ingenieurbüro Brendt (ursprüngliche Planung): $A_{eb, Bestand} = 2,5 \text{ ha}$

Das Ingenieurbüro Kisters AG ermittelte für 7 ausgewählte Regenereignisse (vgl. Bericht Kisters Kap. 4.1.3) eine angeschlossene undurchlässige Fläche A_u zwischen 1,5 und 1,9 ha. Im Mittel liegt diese bei **$A_u = 1,7 \text{ ha}$** . Legt man einem Abflussbeiwert von 0,85 zugrunde, liegt die angeschlossene befestigte Fläche bei $A_{eb} = 1,7 \text{ ha} / 0,85 = 2,0 \text{ ha}$.

Aufgrund der großen Diskrepanz zwischen der aus den Messungen berechneten Fläche und der aus Luftbildaufnahmen ermittelten befestigten Fläche sollte untersucht werden, ob ein Teil des Niederschlagswassers auch in andere Netzteile abläuft. Hier bestehen 2 Möglichkeiten:

- 1) Ableitung des Regenwassers in Regenwasserkanäle, die nicht zum RVB „Am Schlosswald“ ableiten.
- 2) Ableitung ins parallel verlaufende Schmutzwassernetz.

4.4 **ÜBERLEITUNG REGENWASSER IN ANDERE NETZTEILE**

Das Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH untersuchte mögliche Überleitungsstellen anhand von Befahrungsvideos der Kanäle sowie Bildern von Schachtuntersuchungen. Es ergaben sich keine Hinweise auf mögliche Überleitungsstellen.

4.5 **FEHLANSCHLUSSMESSUNG IM SW-NETZ**

Die Kisters AG führte an zwei Schachtbauwerken des SW-Netzes Abflussmessungen durch. Mit den Messungen an diesen Schachtbauwerken werden die Schmutzwasserabflüsse des gesamten Einzugsgebietes abgedeckt. Sollten hierbei Niederschlagsereignissen größere Abflüsse auftreten, ist von Fehleinleitungen des zum SW-Netz parallel verlaufenden RW-Netzes auszugehen.

Die Messungen ergaben keine Reaktion auf Niederschlagsereignisse, so dass Fehlanlüsse ausgeschlossen werden können (vgl. Bericht Kisters Kap. 5.2 und 5.3).

4.6 ÜBERFLUTUNGSPRÜFUNG

Das Büro Hydrotec GmbH wertete die Vermessungsdaten sowie ein digitales Geländemodell aus und führte eine topografische Geländeanalyse mittels GIS-Programmen sowie eine zweidimensionale hydrodynamische Berechnung der Oberflächenabflüsse mit dem Simulationsmodell HYDRO_AS-2D durch.

Die Auswertung ergab, dass das Becken für einen HQ_{100} -Abfluss überstautfrei bleibt. Für ein HQ_{1000} läuft das Becken im südlichen Bereich über. Das Überlaufwasser verteilt sich im Gelände und füllt den östlichen Straßenseitengraben der Merksteiner Straße auf. Die Berechnungen legen nicht gefüllte Gräben / Mulden zugrunde. Bei Ansatz eines konstanten Zuflusses von $1 \text{ m}^3/\text{s}$ läuft das Becken nach einer halben Stunde über.

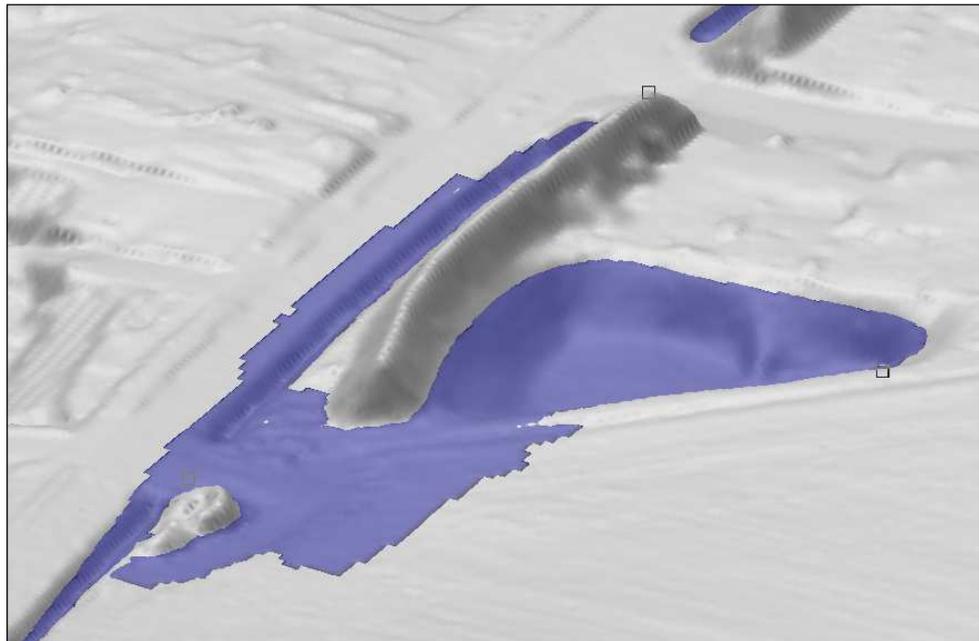


Abb. 3: Ausbreitung des Überstauwassers bei einem Beckenüberlauf (Hydrotec)

Es zeigt sich, dass der Überlauf des Beckens die vorhandene Bebauung auf der westlichen Seite der Merksteiner Straße nicht erreicht. Eine Überflutungsgefahr ist daher nicht gegeben.

4.7 ANSCHLUSS ZUSÄTZLICHER FLÄCHEN

Der Abschlussbericht der Kisters AG weist eine an das RVB angeschlossene abflusswirksame Fläche $A_U=1,7 \text{ ha}$ aus. Die ursprüngliche Beckenbemessung durch das Büro Brendt geht von einer befestigten Fläche von $A_{eb}=2,5 \text{ ha}$ aus. Dies entspricht etwa einer undurchlässigen Fläche $A_U=2,1 \text{ ha}$. Der GEP / die Studie ermitteln aus einer Luftbildauswertung $A_{eb}=3,9 \text{ ha}$ ($A_U=3,3 \text{ ha}$).

Der geplante Bebauungsriegel südlich der Otto-von-Hubach-Straße weist eine Fläche von $A_{ek}=0,78$ ha auf. Bei einem Befestigungsgrad von 60 % ergibt sich eine befestigte Fläche von $A_{eb}=0,47$ ha ($A_u=0,4$ ha). Addiert man diese Fläche zur tatsächlich angeschlossenen Fläche ergeben sich 2,1 ha. Dies entspricht etwa dem damaligen Bemessungsansatz und liegt deutlich unter den im GEP / Studie ermittelten Wert.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Im Auftrag der Stadt Übach-Palenberg wurde eine Abflussmesskampagne durch die Kisters AG und ein Überflutungsnachweis durch das Büro Hydrotec durchgeführt. Die Messungen sollen die hydraulische Leistungsfähigkeit des Beckens belegen und zu einer Aussage führen, ob der geplante Bauriegel südlich der Otto-von-Hubach-Straße an das RVB „Am Schlosswald“ (übergangsweise) angeschlossen werden kann.

Die Messungen / Auswertungen beider Büros kommen zu dem Ergebnis, dass das Becken eine ausreichende Leistungsfähigkeit aufweist. Eine Überflutungsfahr bei einem Überlauf des Beckens ist nicht gegeben. Die tatsächlich an das Becken angeschlossene Fläche ist mit 1,7 ha nur etwa halb so groß, wie die im GEP ausgewertete Fläche und 25 % kleiner als die der ursprünglichen Planung durch das Büro Brendt.

Eine (temporäre) Ableitung des Niederschlagswassers des geplanten Bebauungsriegels südlich der Otto-von-Hubach-Straße ist danach möglich.

Aufgestellt: Eh/le
Aachen, im November 2019

Ingenieurbüro
Achten und Jansen GmbH

Verfasser:
Dipl.-Ing. Diethart Ehms

Ingenieurbüro
Achten und Jansen GmbH
Charlottenburger Allee 11
52068 Aachen
Tel.: 0241/96870-32
Fax: 0241/96870-60
E-Mail: diethartehms@achtenjansen.de

ANLAGEN

Anlage 1

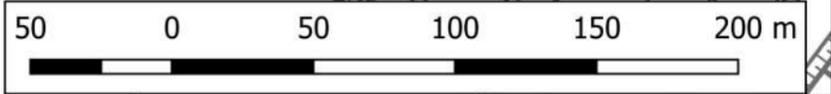
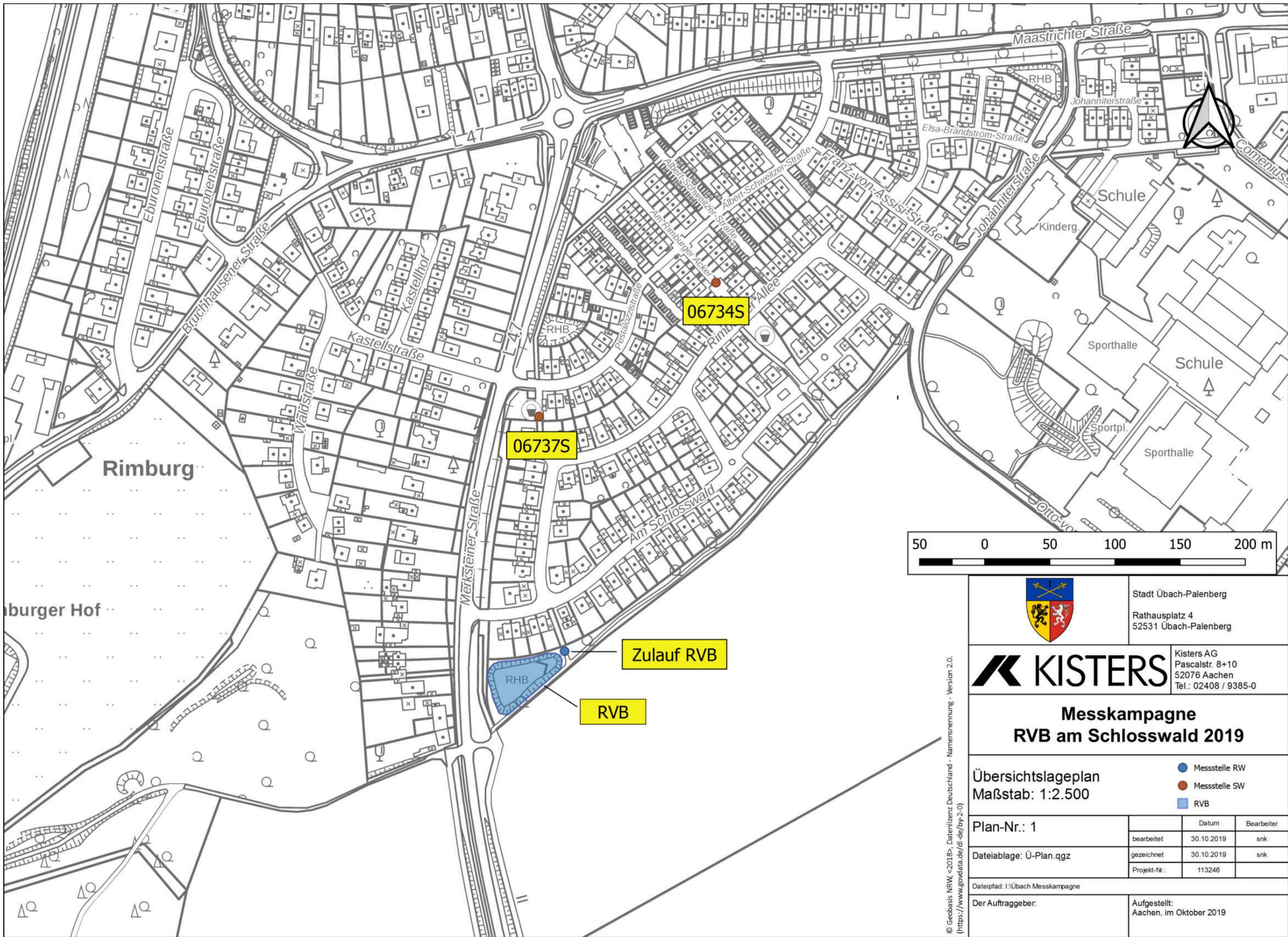
Messkampagne Kisters AG

Anlage 2

Überflutungsprüfung Hydrotec GmbH

Anlage 3

Projekt-CD



Stadt Übach-Palenberg
Rathausplatz 4
52531 Übach-Palenberg



Kisters AG
Pascalstr. 8+10
52076 Aachen
Tel.: 02408 / 9385-0

Messkampagne RVB am Schlosswald 2019

Übersichtslageplan
Maßstab: 1:2.500

- Messstelle RW
- Messstelle SW
- RVB

Plan-Nr.: 1	Datum	Bearbeiter	
	bearbeitet	30.10.2019	snk
	gezeichnet	30.10.2019	snk
Dateiablage: Ü-Plan.qgz	Projekt-Nr.:	113246	

Der Auftraggeber:	Aufgestellt: Aachen, im Oktober 2019
-------------------	---

© Geobasis NRW, <2018>, Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0. (https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0)



Stadt Übach-Palenberg

Messkampagne RVB Am Schlosswald 2019

Bericht

Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINES	4
2	EINZUGSGEBIET	4
3	EINGESETZTE MESSTECHNIK	5
3.1	Niederschlag	5
3.2	Wasserstand	5
3.3	Durchfluss	6
4	NIEDERSCHLAG	7
4.1	Messstelle RVB Am Schlosswald	7
4.1.1	Beschreibung	7
4.1.2	Messzeitraum	7
4.1.3	Ausgewählte Niederschlagsereignisse	8
4.1.4	Überprüfung und Plausibilisierung	11
5	DURCHFLUSSMESSUNG	11
5.1	Regenwasserkanal	11
5.1.1	Messzeitraum	11
5.1.2	Überprüfung und Plausibilisierung	11
5.2	Messstelle 06734S: Schmutzwasserkanal Am Rimburger Acker	12
5.2.1	Beschreibung der Messstelle	12
5.2.2	Messzeitraum	14
5.2.3	Überprüfung und Plausibilisierung	14
5.3	Messstelle 06737S: Schmutzwasserkanal Pestalozzistraße	14
5.3.1	Beschreibung der Messstelle	14
5.3.2	Messzeitraum	16
5.3.3	Überprüfung und Plausibilisierung	16
6	DATENANALYSE	16
7	ZUSAMMENFASSUNG	17

Anlagen

1. Daten der Messungen

Planverzeichnis

1. Übersichtslageplan

1 Allgemeines

Die Stadt Übach-Palenberg betreibt das RVB Am Schlosswald, welches die Vorflut für die Regenwasserkanalisation im benachbarten Baugebiet darstellt. Das Einzugsgebiet umfasst Wohngebiete zwischen der Rimburger Allee im Norden und der Straße Am Schlosswald im Süden. (s. Abbildung 1)

Um die Versickerungsleistung des Regenversickerungsbeckens zu ermitteln, wurde KISTERS beauftragt, eine Messkampagne durchzuführen.

Die in diesem Zusammenhang erhobenen Daten und Erkenntnisse werden im Folgenden dokumentiert und beschrieben.

2 Einzugsgebiet

Das mutmaßliche Einzugsgebiet des Regenversickerungsbeckens umfasst eine Fläche von rund 6 ha (Abbildung 1).

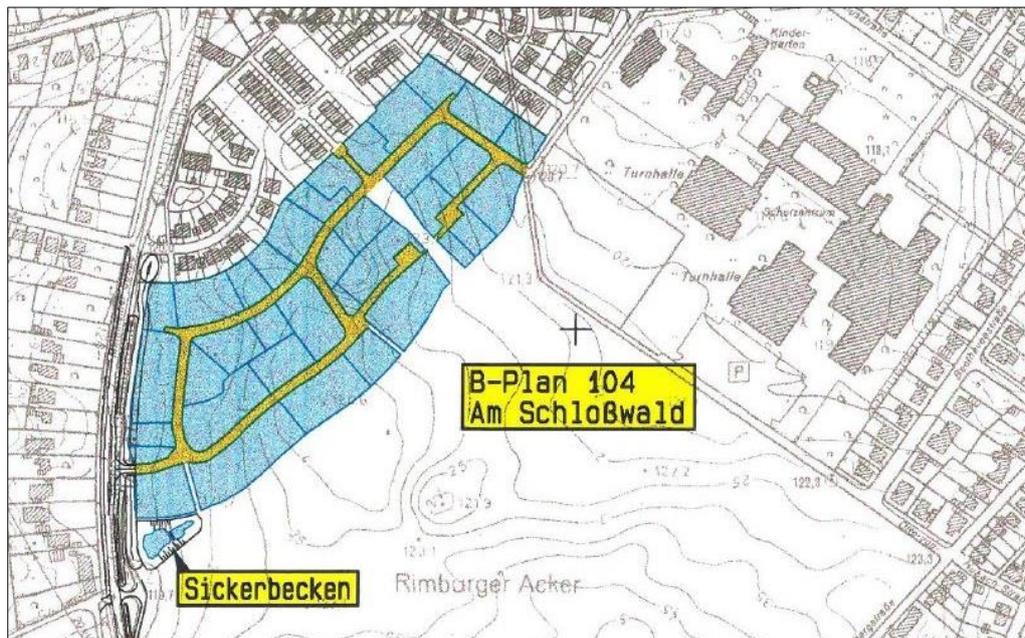


Abbildung 1: Lage des RVB und mutmaßliches Einzugsgebiet

3 Eingesetzte Messtechnik

3.1 Niederschlag

Die Niederschlagsmessstation besteht aus einem Regenschirm des Fabrikats TB6 der Fa. HyQuest Solutions, welches mit einer Kippwaage ausgestattet ist. Dabei wird der Niederschlag in einer sogenannten Niederschlagswippe aufgefangen, die ab einem bestimmten Gewicht/ Volumen nach unten kippt und sich entleert. Die Niederschlagsmenge wird im Anschluss über die Anzahl der Kippvorgänge berechnet. Die minimale Auflösung beträgt 0,5 mm für einen Messbereich von bis zu 700 mm Niederschlag pro Stunde. Die Daten werden in einen Datenlogger zwischengespeichert und turnusmäßig an einen KISTERS-eigenen Server weitergeleitet. Von dort aus werden die Daten an die Webanwendung TimeSeriesOnline übertragen und können dort grafisch visualisiert werden.

3.2 Wasserstand

Am Fuß der Niederschlagsmessstation ist ein Sensor des Fabrikats STS PTM/N/SDI-12 angebracht (Abbildung 2), der den Wasserstand im RVB über den hydrostatischen Druck ermittelt.



Abbildung 2: Messtation mit Solarpanel

3.3 Durchfluss

Im Regenwasserkanal:

Parallel zur Erfassung der Wasserstände im RVB wurde die zulaufende Wassermenge erfasst, um eine Gesamtbilanzierung zu ermöglichen.

Zum Einsatz kommt ein Messgerät der Fa. Nivus, Typ PCM-Pro, welches nach dem Ultraschallprinzip arbeitet (Abbildung 3). Dabei werden unabhängig voneinander Füllhöhe, Fließgeschwindigkeit und Temperatur erfasst. Die Füllhöhe wird mittels einer integrierten Drucksonde ermittelt. Die Durchflussmenge wird mit Hilfe der Messdaten und der Kanalgeometrie vom Messgerät selbst berechnet.

Die entscheidende Einflussgröße der eingesetzten Messtechnik ist die maßgebliche (mittlere) Geschwindigkeit im Querschnitt. Die eingesetzte Messtechnik ermittelt die mittlere Geschwindigkeit mittels Kreuzkorrelation, sodass im Regelfall Handmessungen zur Kalibrierung entfallen können.



Abbildung 3: Durchflussmessung

Das Messgerät arbeitet ereignisorientiert. Das bedeutet, dass jeweils in einem Abstand von fünf Minuten eine Messung durchgeführt wird. Bei Regenereignissen verändert das Gerät die zeitliche Auflösung und ermittelt jede Minute einen Wert. Dabei wurde eine Schaltschwelle von 5 cm festgelegt. Ein Datenlogger speichert die Daten auf eine Memory-Card, die turnusmäßig ausgelesen wird.

Für die Interpretation ist bedeutsam, dass die Messgeräte im Niedrigwasserbereich keine Geschwindigkeitsmessung mehr durchführen, da der Störeinfluss der Kanalmaus selbst bei Wassertiefen von 5 cm nicht mehr vernachlässigt werden kann. In diesem Fall wird der Durchfluss aus einer festen Beziehung zwischen Wasserstand W und Abfluss Q berechnet, welche im Gerät hinterlegt ist und aus den Kanalstammdaten abgeleitet wird.

Im Schmutzwasserkanal:

Da die ersten Messungen ein unerwartet kleines Einzugsgebiet des RVB andeuteten, wurde eine ergänzende Messung in 2 Schmutzwasserkanälen durchgeführt, um mögliche Fehllanschlüsse oder hydraulischen Kurzschlüsse zu erkennen. Hier kamen ebenfalls Messgeräte der Fa. Nivus, Typ PCM-Pro, welche nach dem Ultraschallprinzip arbeiten, zum Einsatz. Anders als im Regenwasserkanal werden die Füllhöhen hier nicht mittels einer Drucksonde, sondern mittels einer Ultraschallsonde, die im Rohrscheitel angebracht ist, ermittelt. Dies ermöglicht die Verwendung einer kleineren Ultraschallsonde an der Rohrsohle zur Messung der Fließgeschwindigkeit und verringert dadurch die Gefahr von Verzopfungen durch das Schmutzwasser.

Die Messgeräte arbeiten ebenfalls im Ereignismodus mit einer zeitlichen Auflösung von fünf bzw. im Ereignismodus einer Minute. Die Schaltschwelle beträgt ebenfalls 5 cm.

4 Niederschlag

4.1 Messstelle RVB Am Schlosswald

4.1.1 Beschreibung

Die Niederschlagsmessstation wurde im RVB Am Schlosswald aufgestellt. Dazu wurde eine Vertiefung in der Beckensohle von ca. 10 cm ausgehoben, um auch minimale Wasserstände zu erfassen. Zur Plausibilisierung wurde zusätzlich ein virtueller Regenmesser in der Webanwendung HYDROMASTER von KISTERS definiert, der radargestützt interpolierte Regendaten für das unmittelbare Einzugsgebiet liefert.

4.1.2 Messzeitraum

Die Messstelle wurde am 14.06.2019 in Betrieb genommen und lieferte Daten bis zum 31.10.2019. Im Ereignisfall werden die Niederschlagsdaten minütlich erfasst.

Der maximal gemessene Wasserstand betrug 67 cm. Die gesamte über den Messzeitraum erfasste Niederschlagsmenge beträgt 262 mm.

4.1.3 Ausgewählte Niederschlagsereignisse

Aus einer Vielzahl von erfassten Niederschlagsereignissen wurden für die Bestimmung der angeschlossenen Fläche (Tabelle 2) und der Versickerungsleistung (Tabelle 1) insgesamt 11 Niederschlagsereignisse als maßgeblich ausgewählt.

Die Versickerungsleistung des Beckens und damit die K_f -Werte werden über die Beckenentleerung ermittelt. Aus dem Geländemodell lässt sich für jeden Füllstand das zugehörige Volumen des Wasserkörpers ermitteln. Die Entleerungsdauer ab Ende des Zuflusses liefert dann die Versickerungsleistung bei gesättigten Boden und damit die Durchlässigkeit der relevanten Bodenzone. (Bsp. S. Abbildung 4)

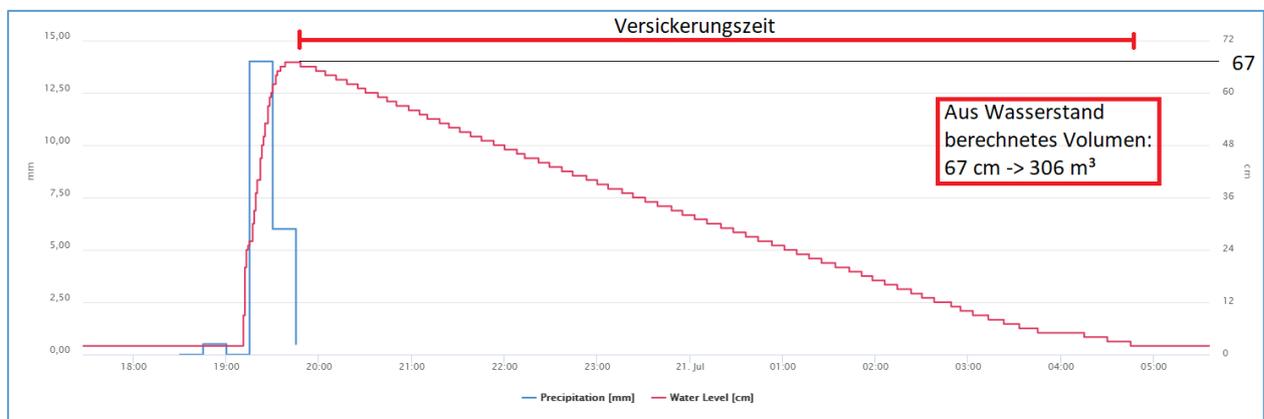


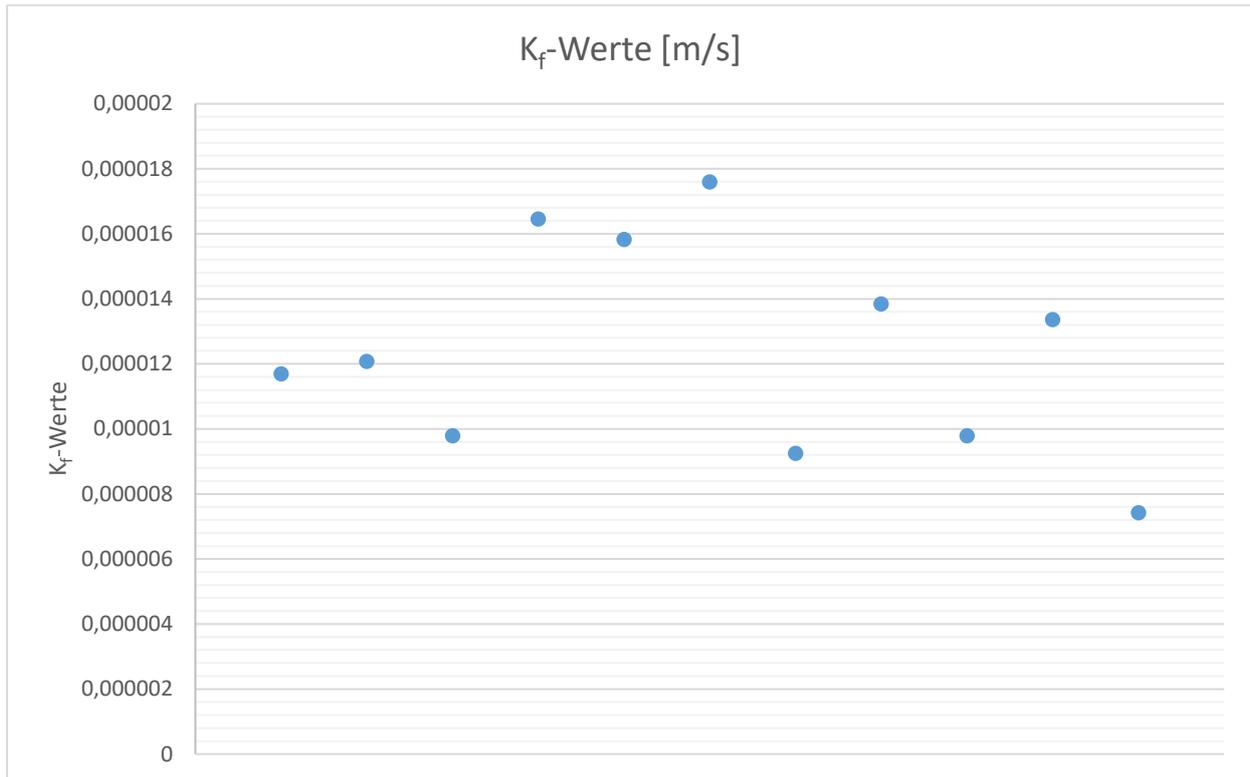
Abbildung 4: Berechnung der Versickerungsleistung

Tabelle 1 zeigt die Ereignisse die für die Berechnung der Versickerungsleistung bzw. des K_f -Werts herangezogen wurden.

Tabelle 1: Versickerungsleistung

	Zeitraum	Niederschlags- höhe [mm]	Dauer [min]	Versicke- rungsvolumen [m ³]	Versickerungs- leistung [m ³ /h]	K_f -Wert [m/s]
N1	15.06.2019 09:13-16:45	13	452	102,5	13,61	$1,17 \cdot 10^{-5}$
N2	19.06.2019 22:13-01:15	8	182	42,63	14,05	$1,21 \cdot 10^{-5}$
N3	28.07.2019 04:55-10:15	8	320	60,75	11,39	$9,8 \cdot 10^{-6}$
N4	18.08.2019 15:45-22:45	10,5	420	134	19,14	$1,65 \cdot 10^{-5}$
N5	18.18.2019 07:27-10:45	12	198	60,75	18,41	$1,58 \cdot 10^{-5}$
N6	05.09.2019 17:55-19:30	2,5	95	32,4	20,46	$1,76 \cdot 10^{-5}$
N7	28.09.2019 00:11-03:30	5	199	35,7	10,76	$9,26 \cdot 10^{-6}$
N8	01.10.2019 16:53-23:15	10,5	382	102,5	16,1	$1,38 \cdot 10^{-5}$
N9	02.10.2019 07:40-13:00	7,5	320	60,75	11,39	$9,8 \cdot 10^{-6}$
N10	06.10.2019 21:04-06:00	14,5	536	138,9	15,55	$1,34 \cdot 10^{-5}$
N11	08.10.2019 16:34-21:30	6,5	296	42,63	8,64	$7,43 \cdot 10^{-6}$
Mittelwert						$1,25 \cdot 10^{-5}$

Die K_f -Werte werden in Abbildung 5 dargestellt. Daraus ergibt sich ein gemittelter K_f -Wert von $1,25 \cdot 10^{-5}$ m/s bei einer mittleren Versickerungsleistung von $14,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Abbildung 5: K_f-Werte

Mit der so ermittelten Versickerungsleistung lässt sich das Gesamtvolumen der zufließenden Welle ermitteln und so auf die angeschlossene undurchlässige Fläche A_u schließen.

Tabelle 2: Ermittlung der angeschlossenen Fläche

	Zeitraum	Niederschlagshöhe [mm]	Dauer [min]	Abfluss [m ³]	A _u [ha]
N1	19.06.2019 17:45-19:30	8,5	105	115	1,5
N2	20.07.2019 16:45-17:45	21	60	381	1,9
N3	28.07.2019 01:00-03:00	8	120	111	1,5
N4	18.08.2019 00:45-16:00	23	945	382	1,7
N5	27.09.2019 19:00-21:30	5,5	150	67	1,5
N6	01.10.2019 09:15-10:30	8	75	147	1,8
N7	06.10.2019 08:30-11:15	6	165	107	1,8
N8	06.10.2019 18:15-18:30	3	15	58	1,9
Mittelwert					1,7

Die ermittelte angeschlossene undurchlässige Fläche beträgt ca 1,7 ha.

4.1.4 Überprüfung und Plausibilisierung

Die gemessenen Wasserstände im Becken wurden anhand der Durchflussmessung im Zulauf des RVB überprüft. Dazu wurde das Volumen, welches über die Dauer des Beckeneinstaus und die Versickerungsleistung ermittelt wurde, dem Volumen welches über den Regenwasserkanal dem Becken zugeflossen ist, gegenübergestellt. Tabelle 3 stellt die Gegenüberstellung dar.

Tabelle 3: Volumengegenüberstellung

Ereignis	Zeitraum	Dauer Beckeneinstau [h]	Versickerungs- leistung [m ³ /h]	Volumen Ver- sickerung [m ³]	Volumen Zulauf [m ³]
E1	19.06.2019 17:45 – 00:00	6,25	14,5	91	88
E2	12.07.2019 18:30 – 20:45	2,25	14,5	33	30
E3	28.07.2019 01:15 – 09:00	7,75	14,5	112	111
E4	18.08.2019 08:45 – 21:30	12,75	14,5	185	201
E5	27.09.2019 19:00 – 02:30	7,5	14,5	81	84
E6	01.10.2019 09:30 – 22:00	12,5	14,5	181	165
E7	06.10.2019 09:00 – 05:00	20	14,5	290	285

5 Durchflussmessung

5.1 Regenwasserkanal

Die Messstelle liegt in dem letzten Schacht des Niederschlagwasserkanals bevor dieser in ca. 15 m Entfernung zum RVB führt. Das Niederschlagswasserrohr hat einen Durchmesser von DN800. Durch den entstandenen Bewuchs im RVB steht Niederschlagswasser im Ausgang des Niederschlagwasserkanals.

5.1.1 Messzeitraum

Die Messstelle wurde am 14.06.2019 in Betrieb genommen und lieferte Daten bis zum 31.10.2019. Die in der Anlage 1 enthaltenen Grafiken zeigt die Ganglinie über den gesamten Messzeitraum.

5.1.2 Überprüfung und Plausibilisierung

Die eingesetzte Messtechnik zeigte keine Ausfälle und lieferte einen kompletten Datensatz. Die Überprüfung vor Ort erfolgte durch eine Überprüfung der Wasserstände sowie eine visuelle Inspektion. Abbildung 6 zeigt die Messstelle in Betrieb.



Abbildung 6: Durchflussmessung im Regenwasserkanal

Der maximal gemessene Durchfluss beträgt 372 l/s.

5.2 Messstelle 06734S: Schmutzwasserkanal Am Rimburger Acker

5.2.1 Beschreibung der Messstelle

Die Messstelle liegt Am Rimburger Acker (Abbildung 7). Der Durchmesser wird an dieser Stelle von DN250 auf DN300 erweitert. Die Messung erfolgt im DN300. Das Unterteil ist gemauert mit Banketten aus Steinzeug (Abbildung 8).

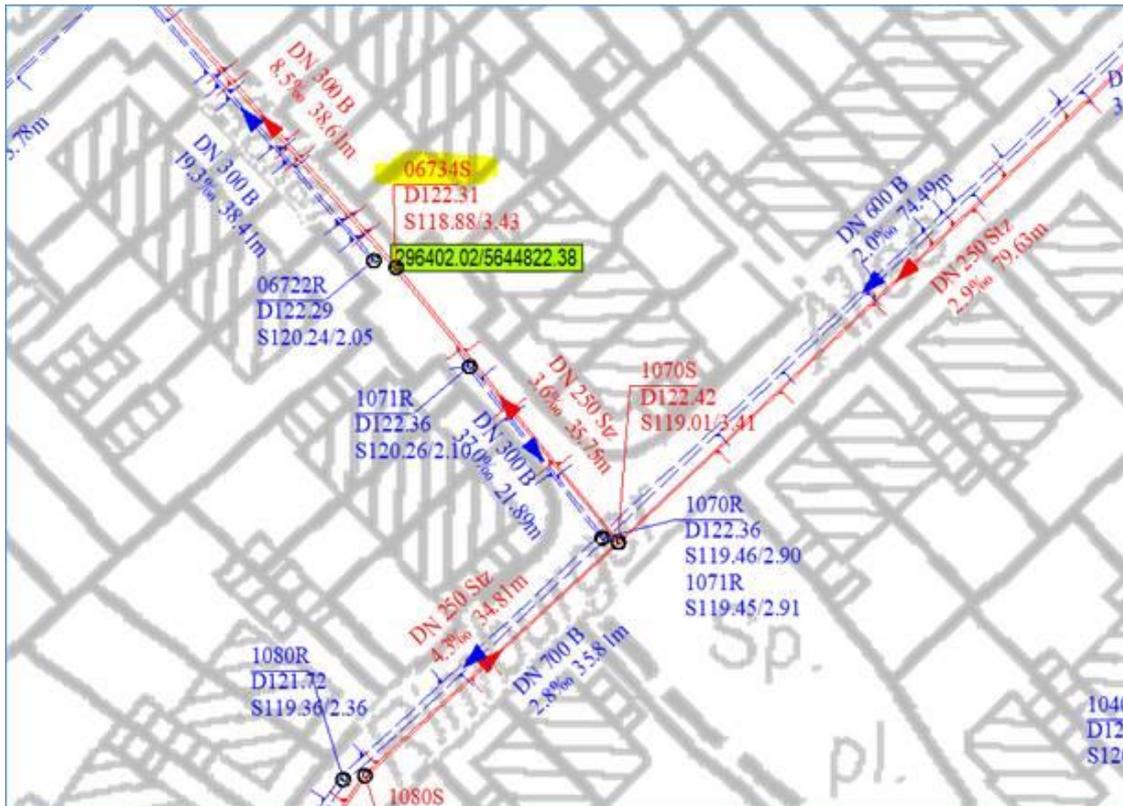


Abbildung 7: Lageplan 06734S

Das Sohlgefälle ist 8,5 ‰, die rechnerische Vollfüllungsleistung ca. 100 l/s.

Abbildung 8 zeigt die Messstelle im Betrieb unmittelbar nach dem Einbau.



Abbildung 8: Messstelle 06734S

Der maximal gemessene Wasserstand beträgt 6 cm. Die maximal gemessenen Durchflussmengen erreichen in der Spitze 1 l/s.

5.2.2 Messzeitraum

Die Messstelle wurde am 01.10.2019 in Betrieb genommen und lieferte Daten bis zum 31.10.2019. Die in der Anlage 1 enthaltenen Grafiken zeigen die Ganglinie über den gesamten Messzeitraum.

5.2.3 Überprüfung und Plausibilisierung

Die gemessenen Durchflusswerte zeigen keine Reaktion auf Niederschlagsereignisse und ergaben keine Hinweise auf Fehlanlüsse. Abbildung 9 zeigt einen typischen Tagesgang. Dabei ist keine Reaktion des Niederschlags in Bezug auf den Durchfluss zu erkennen.

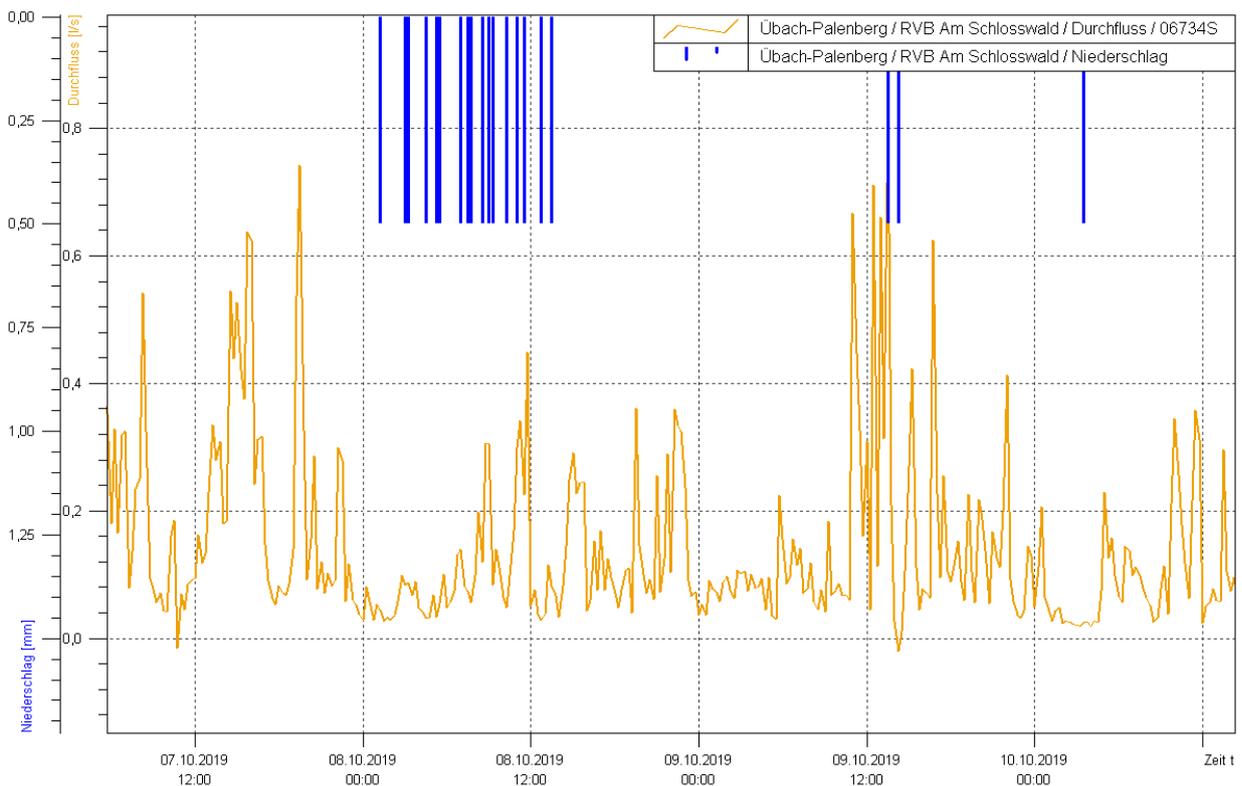


Abbildung 9: Durchfluss 06734S

5.3 Messstelle 06737S: Schmutzwasserkanal Pestalozzistraße

5.3.1 Beschreibung der Messstelle

Die Messstelle liegt in der Pestalozzistraße parallel zur Merksteiner Straße (Abbildung 10). Der Durchmesser wird an dieser Stelle von DN250 auf DN300 erweitert. Die Messung erfolgt im DN300. Das Unterteil ist gemauert mit Banketten aus Steinzeug (Abbildung 11).

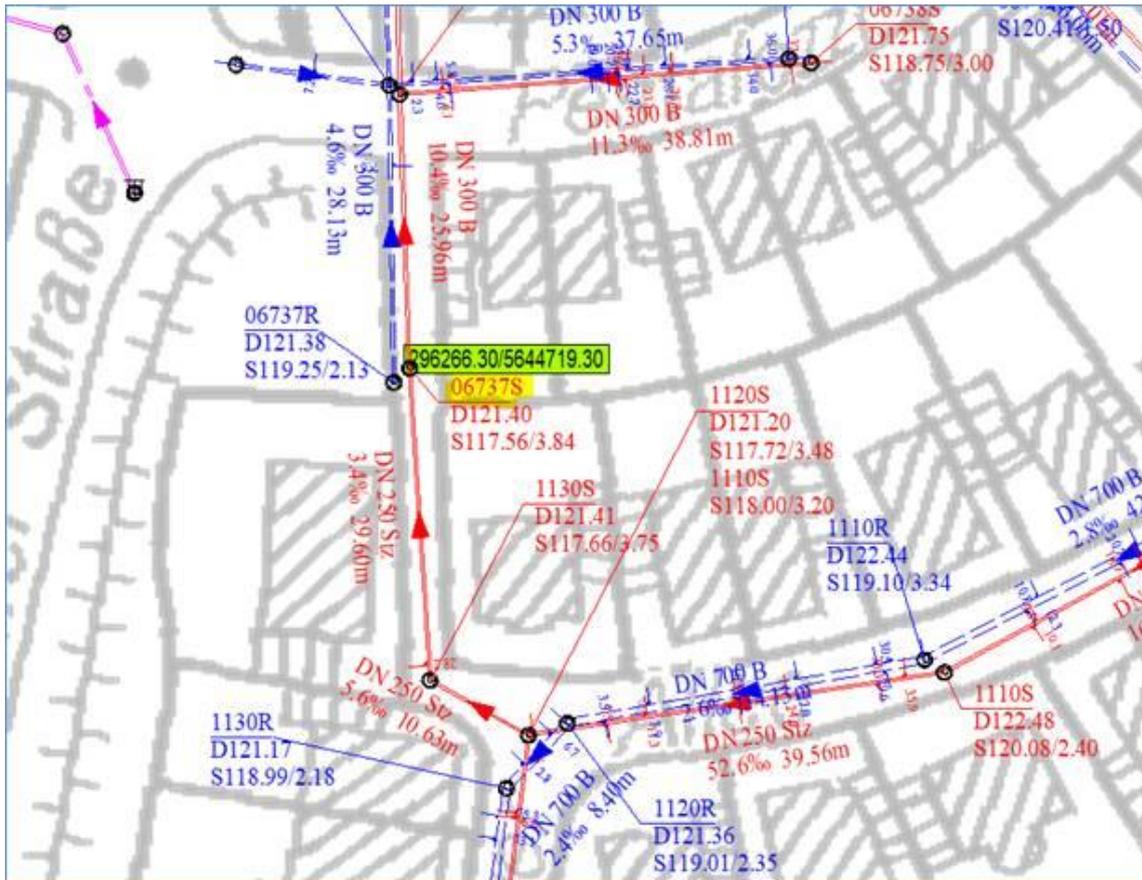


Abbildung 10: Lageplan 06737S

Das Sohlgefälle ist 10,4 %, die rechnerische Vollfüllungsleistung ca. 110 l/s.

Abbildung 11 zeigt die Messstelle im Betrieb unmittelbar nach dem Einbau.



Abbildung 11: Messstelle 06737S

Der maximal gemessene Wasserstand beträgt 6 cm. Die maximal gemessenen Durchflussmengen erreichen in der Spitze 1 l/s.

5.3.2 Messzeitraum

Die Messstelle wurde am 01.10.2019 aufgrund der Vermutung von Fehlschlüssen im Schmutzwasserkanal in Betrieb genommen und lieferte Daten bis zum 31.10.2019. Die in der Anlage 2 enthaltenen Grafiken zeigen die Ganglinie über den gesamten Messzeitraum.

5.3.3 Überprüfung und Plausibilisierung

Die gemessenen Durchflusswerte zeigen keine Reaktion auf Niederschlagsereignisse und ergaben keine Hinweise auf Fehlschlüsse. Abbildung 12 zeigt einen typischen Tagesgang. Trotz Niederschlag ist keine Veränderung des niedrigen Nacht-Abflusses zu erkennen.

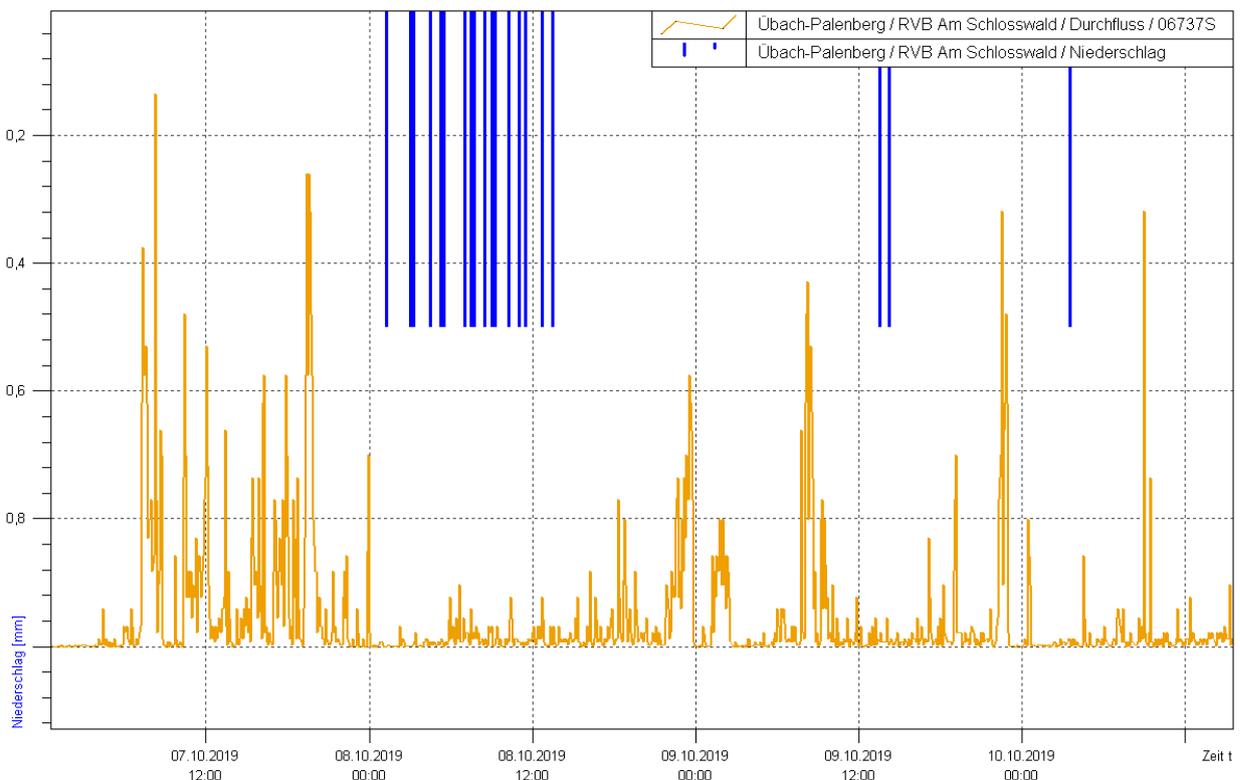


Abbildung 12: Durchfluss 06737S

6 Datenanalyse

Die Analyse der gemessenen und der berechneten Daten in den beiden Schächten der Schmutzwasserkanäle 06737S und 06734S ergaben keine Auffälligkeiten in Korrelation mit dem gemessenen Niederschlag. Somit sind keine Fehlschlüsse in den entsprechenden Bereichen des Schmutzwassersystems zu erkennen.

Die ermittelten Niederschläge der Messstation im RVB wurden mittels des virtuellen Regenschreibers der Web-Anwendung HydroMaster kontrolliert und plausibilisiert.

7 Zusammenfassung

Für das Einzugsgebiet des RVB Am Schlosswald in Übach-Palenberg wurde eine Abflussmesskampagne über 3,5 Monate durchgeführt. Die Ergebnisse der Kampagne ergeben, dass die angeschlossene Fläche an das RVB Am Schlosswald lediglich 1,7 ha beträgt. Bezüglich der Versickerungsleistung des Beckens wurde ein K_f -Wert von $1,25 \cdot 10^{-5}$ bestimmt. Damit ist der Boden des RVBs als durchlässig zu deklarieren. Aufgrund des großen und ungenutzten Volumens des RVBs ist der Anschluss eines weiteren Gebiets möglich. Die Messungen in den Schmutzwasserkanälen 06734S und 06737S ergaben keine Belastung des Schmutzwassernetzes durch Regenwasser. Somit ist mit keinen Fehlan schlüssen zu rechnen.

Aufgestellt: Aachen, im November 2019



.....
M.Sc. RWTH Sebastian Gaß

Projektbericht

**2D-hydraulische Überprüfung des
Notüberlaufs bei Versagen bzw.
Überlastung des Versickerungsbeckens
„Am Schlosswald“ in Übach-Palenberg**



Auftraggeber

Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH

Aachen, Oktober 2019

Projektbearbeitung

Dipl.-Ing. Robert Mittelstädt

Redaktion

M.A. Geogr. Birgitt Charl

Das Titelbild zeigt das Versickerungsbecken „Am Schlosswald“.
(Quelle: IB Achten und Jansen)

Aachen, Oktober 2019



(Dipl.-Ing. Robert Mittelstädt)

© Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH
Bachstraße 62-64
D-52066 Aachen

Jegliche anderweitige, auch auszugsweise, Verwertung des Berichtes, der Anlagen und ggf. mitgelieferter Projekt-Datenträger außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Auftraggebers unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Projektnummer	P2265
Anzahl der Ausfertigungen	-
Ausfertigungsnummer	-
Auflage	digital

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
1 Veranlassung und Zielsetzung des Projekts	4
2 Verwendete Grundlagendaten und Modellaufbau	5
2.1 Modellierung des Versickerungsbeckens	7
3 Simulationsergebnisse VB Am Schlosswald	9
3.1 Simulation Überlastung mit konstant 1 m ³ /s Zufluss zum VB.....	10
3.2 Simulation mit Zuflusswelle aus KOSTRA-Niederschlag N100.....	11
3.3 Simulation mit Zuflusswelle aus KOSTRA Niederschlag N1000	12
4 Literatur und verwendete EDV-Programmsysteme	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Ausschnitt Lageplan (LP_Büro_Brendt_ErlaubnisantragRVB_2002).....	4
Abbildung 2-1:	DGM1 und Vermessung.....	5
Abbildung 2-2:	Abgleich Vermessung und DGM1 in SMS (2D-Modell)	6
Abbildung 2-3:	Flächen- und Inhaltskurven VB Am Schlosswald	7
Abbildung 2-4:	2D-hydraulisches Modell mit Gebäuden (Polygone) und VB Am Schlosswald (blaue Fläche)	8
Abbildung 3-1:	Zuflusswellen und -volumen aus der Kanalnetzberechnung (Ausschnitt)	9
Abbildung 3-2:	Wassertiefen und Fließrichtungen bei einem konstantem Zufluss von 1 m ³ /s zum VB	10
Abbildung 3-3:	Wassertiefen bei einem 100-jährlichem Zufluss zum VB	11
Abbildung 3-4:	Wassertiefen und Fließrichtung bei einem 1000-jährlichem Zufluss zum VB.....	12

1 Veranlassung und Zielsetzung des Projekts

Das Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH hat im Rahmen eines Projekts mit der Stadt Übach-Palenberg einen Auftrag zur Beurteilung der Folgen eines Überlaufs des Versickerungsbeckens „Am Schlosswald“ erteilt. Ziel ist es, die Überflutungsgefährdung durch den Notüberlauf des Beckens abzuschätzen, für den Fall dass eine Überlastung, bzw. ein Versagen des Beckens auftreten sollte. Das Projektgebiet ist Abbildung 1-1 zu entnehmen:

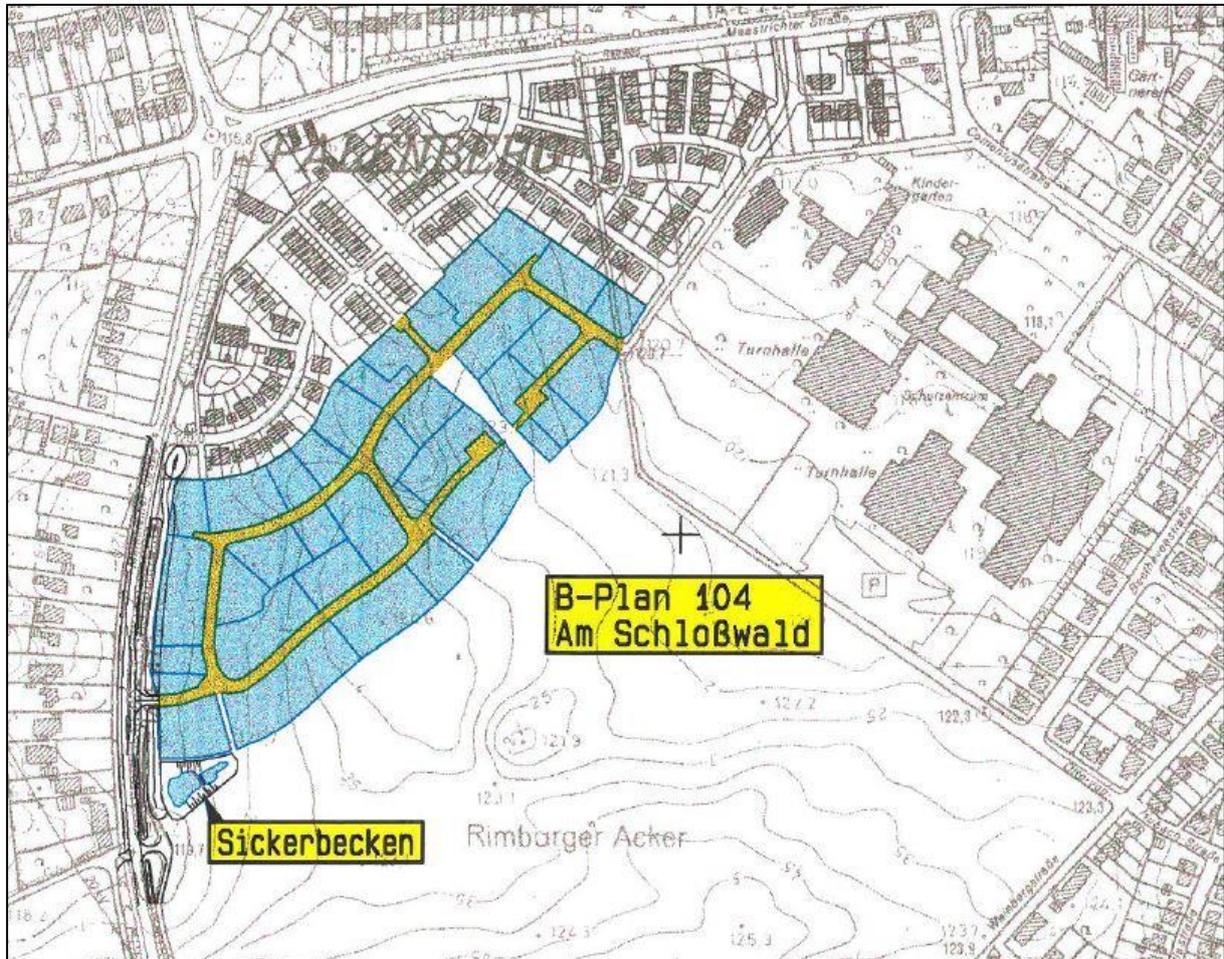


Abbildung 1-1: Ausschnitt Lageplan (LP_Büro_Brendt_ErlaubisantragRVB_2002)

2 Verwendete Grundlagendaten und Modellaufbau

Folgende Grundlagendaten wurden verwendet:

- Digitales Geländemodell (DGM1) vom Land NRW
- Digitale topografische Karten (DGK5) vom Land NRW
- Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) vom Land NRW
- Digitaler Gebäudebestand vom Land NRW
- Vermessungsdaten des Versickerungsbeckens
- Kanalnetzmodell und Kanalnetzberechnung Gebiet Am Schlosswald/Rimburger Allee
- Zuflusswellen (Zeitreihen) für die Wiederkehrzeiten $T_n = 100$ a und 1.000 a

Im Rahmen dieser Angebotsposition wurden die vom AG zur Verfügung gestellten Grundlagendaten zunächst gesichtet und daraufhin für die Verwendung in einem 2D-Modell aufbereitet. Wichtige Bestandteile dieser Daten sind die Vermessung und das digitale Geländemodell (DGM1) des Versickerungsbeckens und seiner hydraulisch relevanten Umgebung (Ausschnitt siehe Abbildung 2-1).

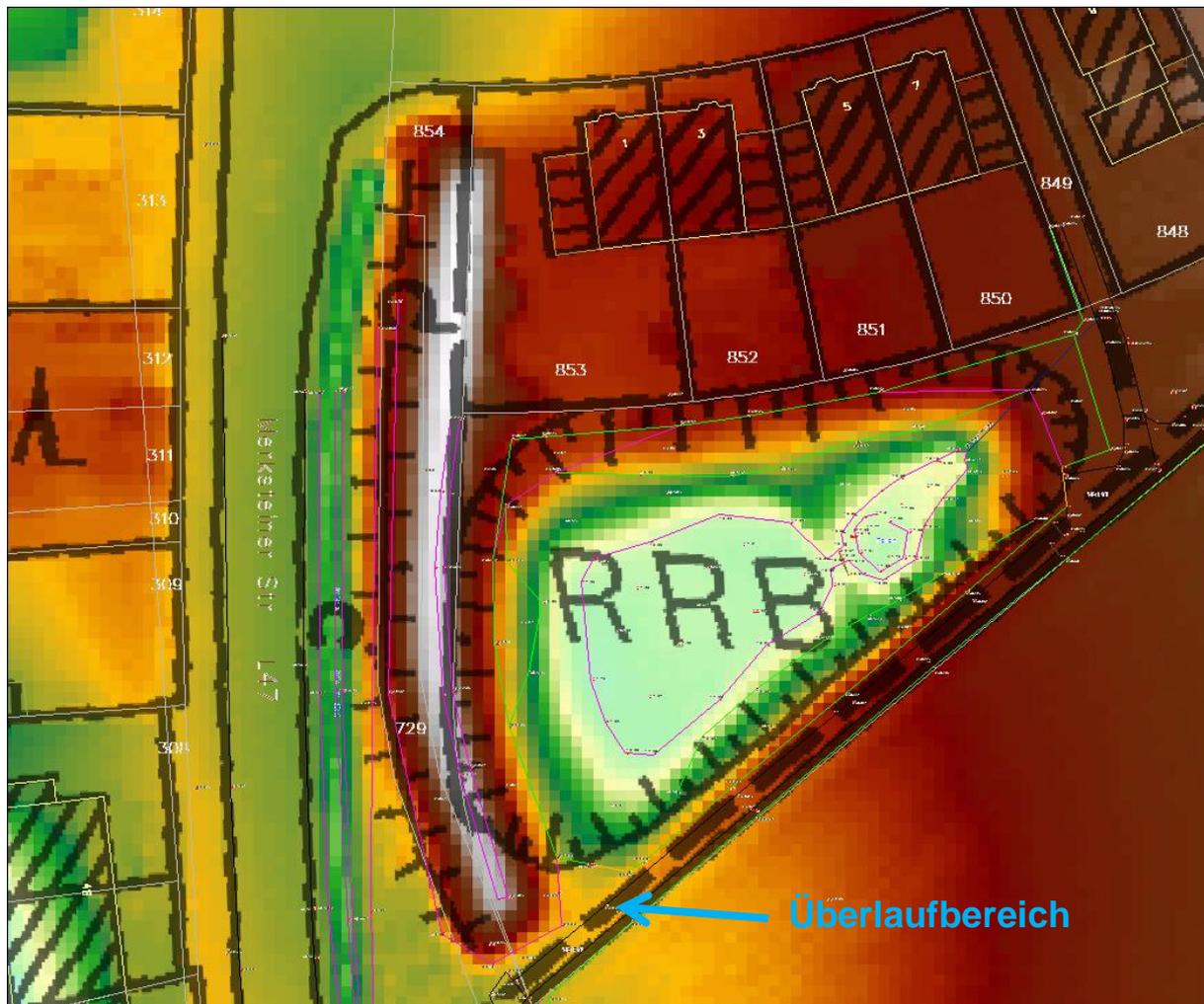


Abbildung 2-1: DGM1 und Vermessung

Beim Vergleich der Vermessungsdaten mit dem DGM1 fällt auf, dass die Vermessung insbesondere im Bereich des zu betrachtenden Überlaufs (ca. 120,30 m NHN) nur wenige Vermessungspunkte aufweist. Die Höhen des DGM1 haben meist nur wenige Zentimeter Abweichung zu den Vermessungshöhen. Zwischen den Vermessungspunkten liefert das DGM1 ein genaueres Abbild des Versickerungsbeckens, als wenn man es aus den einzelnen Vermessungshöhen interpolieren würde. Daher wurde die Modellerstellung vornehmlich über die Informationen aus dem DGM1 abgebildet. Eine weitere Gegenüberstellung der Vermessung und des DGM1 kann Abbildung 2-2 entnommen werden:

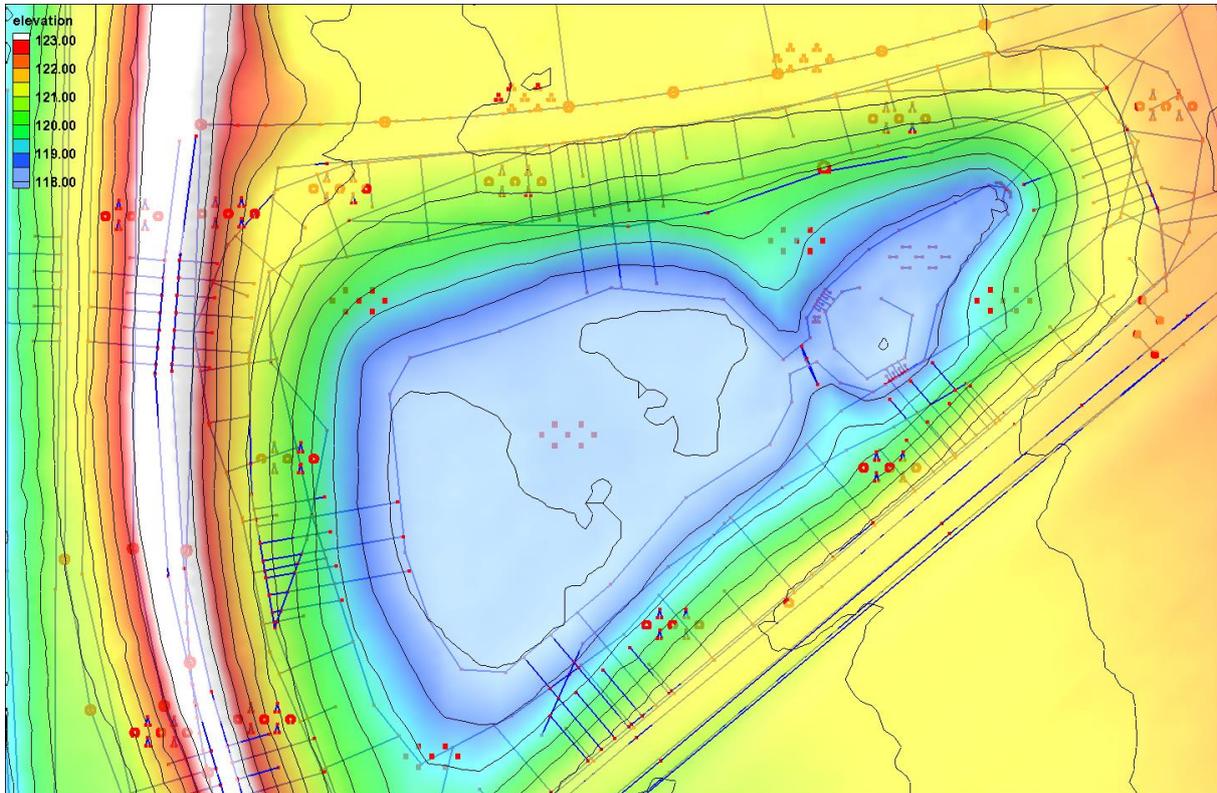


Abbildung 2-2: Abgleich Vermessung und DGM1 in SMS (2D-Modell)

Aus dem DGM1 wurde die Flächen- und Inhaltskurve des Versickerungsbeckens (VB) abgeleitet und mit den Daten vom AG in nachfolgender Grafik verglichen. Die beiden Kurven verlaufen in etwa parallel, was lediglich auf einen Anfangshöhenversatz hindeutet. Das Becken besitzt laut DGM1 bis zum Überlauf bei ca. 120,30 m NHN ein Volumen von ca. 1.725 m³.

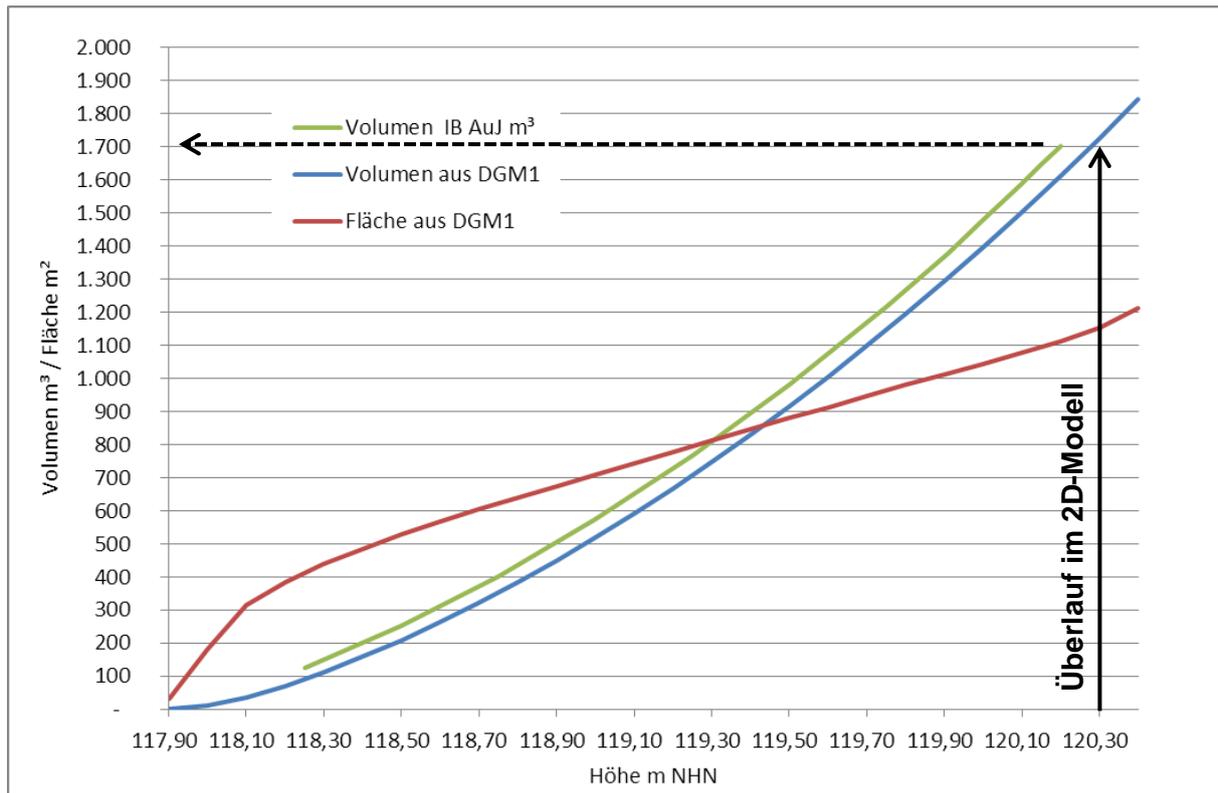


Abbildung 2-3: Flächen- und Inhaltskurven VB Am Schlosswald

2.1 Modellierung des Versickerungsbeckens

Für ein ausreichend großes Gebiet um das Versickerungsbecken herum wurde ein detailliertes 2D-Feinmodell erstellt. Für das sog. 2D-Feinmodell wurde das Berechnungsnetz auf Basis des DGM1 erstellt.

Gewässer, Dämme, Wälle und Gräben wurden aus dem DGM1 abgeleitet. Die Gebäude wurden dem digitalen Gebäudebestand vom Land NRW entnommen und im Modell als nicht-durchströmbare Elemente definiert. Der Rauheitsbeiwert wurde einheitlich für die Nutzung „Siedlungsgebiete mit Freiflächen“ mit $k_{St} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ angesetzt.

Um die Versickerungsleistung des Beckens abzubilden, wurde im 2D-Modell ein konstanter k_f -Wert (gesättigte hydraulische Leitfähigkeit des Oberbodens) der Oberfläche von $1,07 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ (ca. 39 mm/h) angesetzt. Das entspricht je nach eingestauter Fläche einer Versickerungsleistung von ca. 4 l/s (Beginn Einstau, ca. 350 m²) bis 12 l/s (Überlauf, ca. 1.100 m²).

Für die sachgerechte Beurteilung der Überflutungsgefährdung durch eine Überlastung des Versickerungsbeckens sind daraufhin drei Belastungsszenarien angesetzt worden, welche in den folgenden Kapiteln näher erläutert werden. Einen Ausschnitt aus dem 2D-Modell zeigt Abbildung 2-4.



Abbildung 2-4: 2D-hydraulisches Modell mit Gebäuden (Polygone) und VB Am Schlosswald (blaue Fläche)

3 Simulationsergebnisse VB Am Schlosswald

Die zweidimensionalen hydrodynamischen Berechnungen der Oberflächenabflüsse wurden mit dem Simulationsmodell HYDRO_AS-2D (Version 5) durchgeführt. Dieses Modell wird u. a. in Bayern und Baden-Württemberg als Standardwerkzeug zur zweidimensionalen Modellierung von Gewässern und zur Simulation von Oberflächenabflüssen eingesetzt.

Das in HYDRO_AS-2D integrierte Verfahren basiert auf der numerischen Lösung der 2D-tiefengemittelten Strömungsgleichungen mit der Finite-Volumen-Diskretisierung. Das explizite Zeitschrittverfahren sorgt für eine zeitgenaue Simulation des Wellenablaufs. Potentielle Fließhindernisse in der Modellierung können als Sonderbauwerke oder in Form eines verfeinerten Netzes abgebildet werden. Bauwerke können dabei als durchströmt oder umströmt angenommen werden. Eine detaillierte Programmbeschreibung kann unter www.hydrotec.de/software/hydro-as-2d/ eingesehen werden.

Als Ergebnis werden Überflutungsflächen, die Höhe des Wasserspiegels und die Fließgeschwindigkeit und -richtung an allen Netzknoten für jeden Zeitschritt innerhalb des gesamten Simulationszeitraums berechnet und ausgegeben. Die Berechnungsergebnisse lassen sich nach verschiedenen Aspekten auswerten und darstellen. Die Visualisierung der Ergebnisse erfolgte in SMS (Surface-water Modeling System) von Aquaveo.

Es wurden drei Simulationen durchgeführt:

- Simulation mit einem konstanten Zufluss zum VB Am Schlosswald von 1 m³/s
- Simulation mit Zuflussschwelle aus dem Kanalnetzmodell für T_n = 100 a
- Simulation mit Zuflussschwelle aus dem Kanalnetzmodell für T_n = 1.000 a

Die Simulationszeit beträgt insgesamt ca. 1,5 Stunden bzw. so lang, bis der Zufluss aus dem Kanal gleich Null ist.

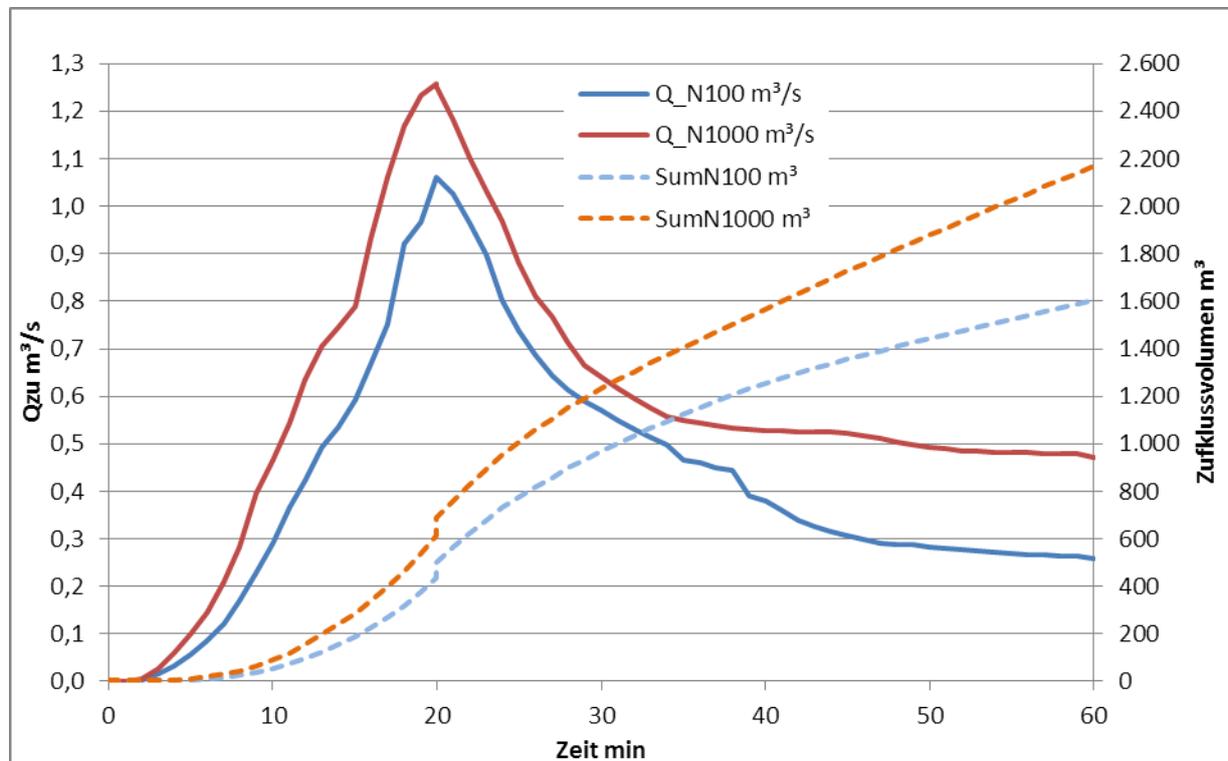


Abbildung 3-1: Zuflusswellen und -volumen aus der Kanalnetzberechnung (Ausschnitt)

3.1 Simulation Überlastung mit konstant 1 m³/s Zufluss zum VB

Bei einem konstanten Zufluss von 1 m³/s wird das Versickerungsbecken in ca. 29 Minuten vollständig gefüllt und läuft dann über den südlichen Rand ab einer Einstauhöhe von 120,30 m NHN über. Die Überlaufbreite beträgt ca. 12 m, die Überlaufhöhe i. M. etwa 7 cm. Das überlaufende Wasser verteilt sich breitflächig über das Feld und den angrenzenden Feldwegen und läuft dann weiter über den Zufahrtsweg zum Entwässerungsgraben entlang der Merksteiner Straße. Der leere Graben kann das überlaufende Wasser aus dem Versickerungsbecken schadlos aufnehmen und leitet es weiter in Richtung Norden zur Maastrichter Straße. Es werden bei diesem Szenario keine Objekte/Gebäude gefährdet.

Es wurde in dieser Untersuchung jedoch nicht untersucht, was passiert, wenn der Graben bereits voll ausgelastet ist (Zufluss von oberhalb).

Ein Überlauf über den nördlichen Rand des VB in Richtung der Wohnbebauung (Am Schlosswald Haus-Nr. 1 und 3) findet nicht statt. Die Dammhöhe beträgt hier ca. 120,90 m NHN, also ca. 60 cm höher als die Überlaufhöhe im südlichen Bereich des VB.

Das Ergebnis der Simulation mit konstant 1 m³/s ist in der nachfolgenden Abbildung mit Wassertiefen und Fließrichtungen dargestellt.

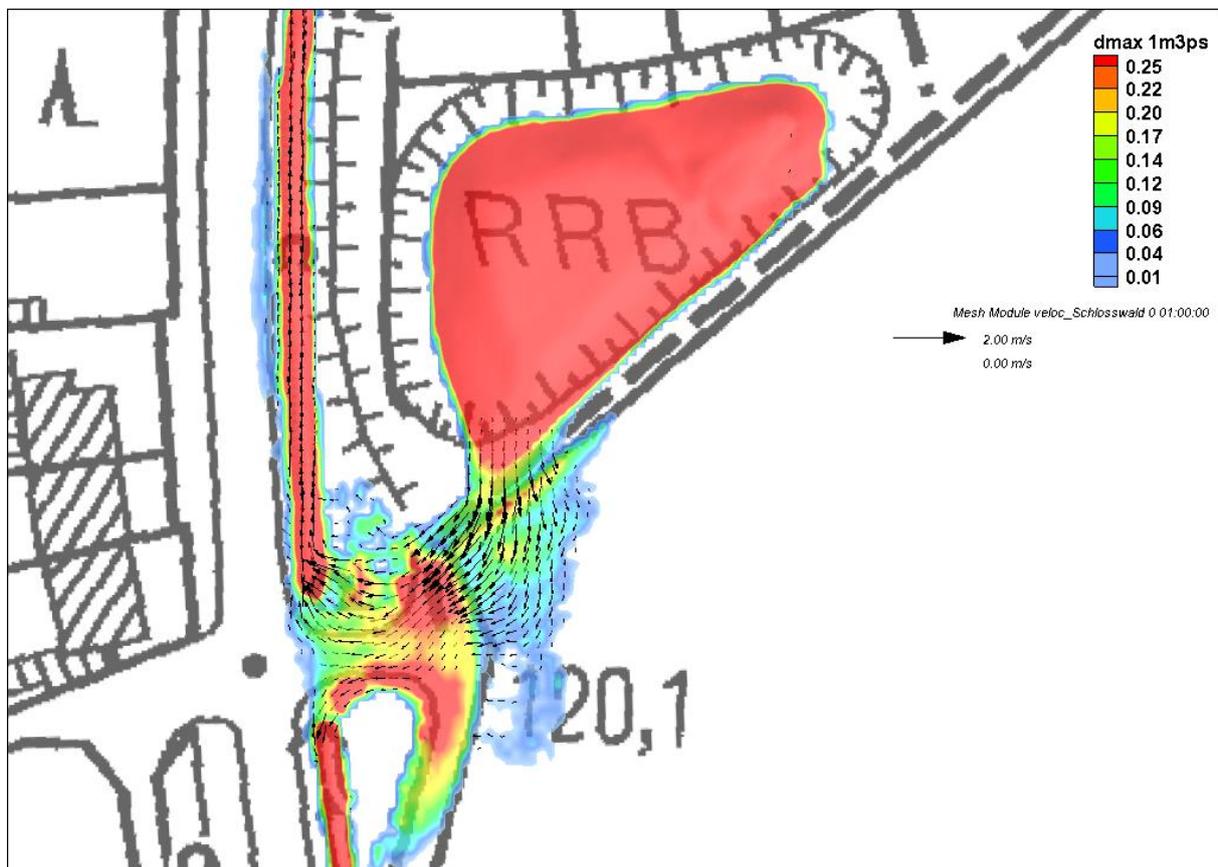


Abbildung 3-2: Wassertiefen und Fließrichtungen bei einem konstantem Zufluss von 1 m³/s zum VB

3.2 Simulation mit Zuflusswelle aus KOSTRA-Niederschlag N100

Das Kanalnetzmodell wurde bei diesem Szenario mit einem Blockregen mit einer statistischen Wiederkehrzeit von 100 Jahren belastet. Die Niederschlagshöhe beträgt 50 mm für eine Dauer von 1 Stunde (entsprechend 50 mm/h)

Nach 70 Minuten geht die Zuflusswelle auf null zurück. Das zugeflossene Volumen beträgt ca. 1.685 m³. Damit läuft das Versickerungsbecken rechnerisch nicht über ($V_{\text{voll}} = 1.725 \text{ m}^3$).

Auch die Simulation mit HYDRO_AS-2D zeigt, dass das Versickerungsbecken nicht überläuft. Der sich im Modell einstellende Wasserspiegel beträgt i. M. 120,24 m NHN. Bis zum Überlaufen ist also noch ein Freibord von ca. 6 cm vorhanden.

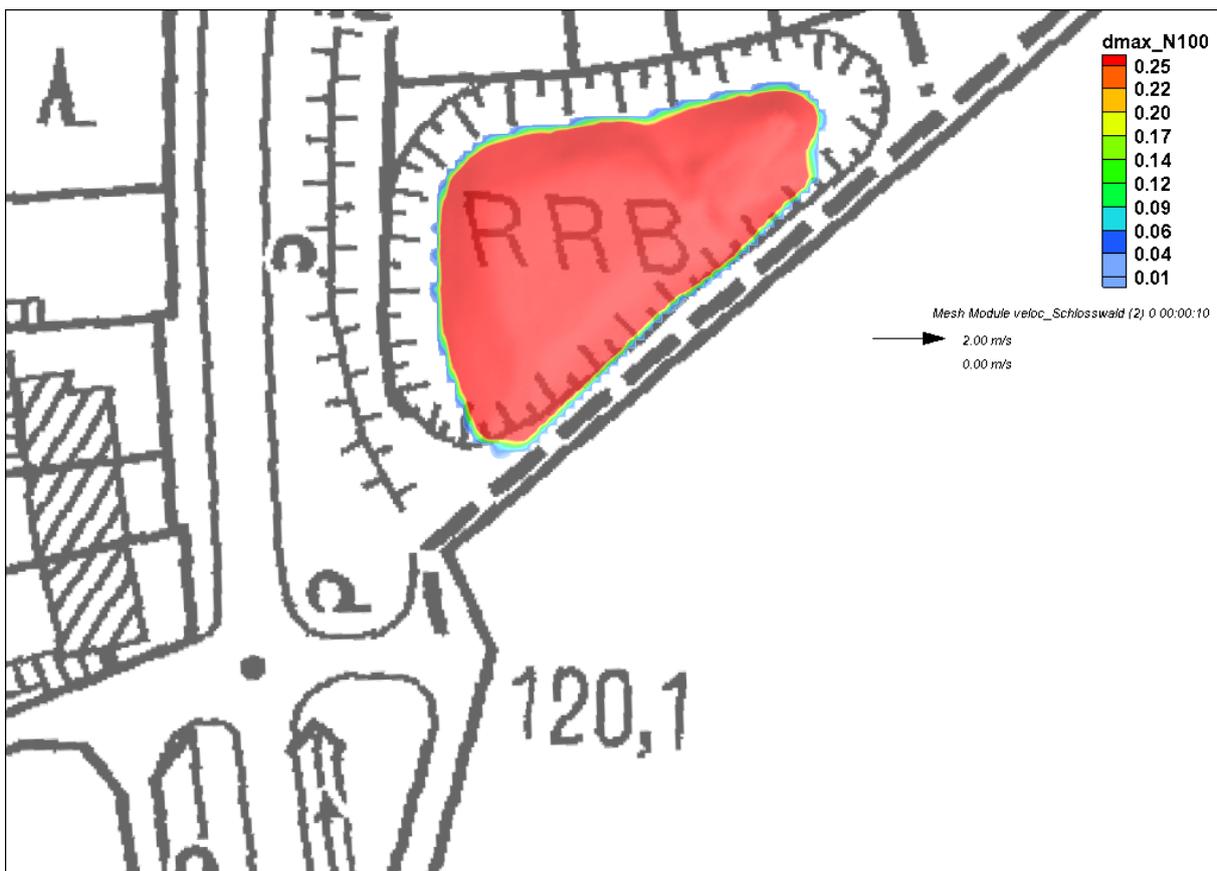


Abbildung 3-3: Wassertiefen bei einem 100-jährlichem Zufluss zum VB

3.3 Simulation mit Zuflusswelle aus KOSTRA Niederschlag N1000

Das Kanalnetzmodell wurde bei diesem Szenario mit einem Blockregen mit einer statistischen Wiederkehrzeit von 1.000 Jahren belastet. Die Niederschlagshöhe wurde durch Extrapolation aus den KOSTRA-Werten (KOSTRA-DWD-2010R) ermittelt und beträgt 67,5 mm für eine Dauer von 1 Stunde (entsprechend 67,5 mm/h).

Nach 80 Minuten geht die Zuflusswelle auf null zurück. Das zugeflossene Volumen beträgt ca. 2.454 m³. Ohne Versickerungsverluste würde das Versickerungsbecken rechnerisch nach ca. 47 min überlaufen.

Die Simulation mit HYDRO_AS-2D zeigt, dass das Versickerungsbecken nach ca. 50 min überläuft (mit Versickerungsverlusten). Der maximale Überlaufabfluss beträgt ca. 414 l/s und tritt nach etwa 62 min auf.

Der sich im Modell einstellende Wasserspiegel beträgt i. M. 120,55 m NHN, also ca. 25 cm höher als die Überlaufhöhe (120,30 m NHN).

Das überlaufende Wasser kann schadlos im Graben abgeführt werden, unter der Voraussetzung, dass der Graben nicht bereits bis zur maximalen Leistungsfähigkeit gefüllt ist. Wir empfehlen deshalb eine gesamtheitliche Starkregenuntersuchung für Übach-Palenberg, insbesondere auch für den Prognosezustand, also unter Berücksichtigung der Erschließung Otto-von-Hubach-Straße.

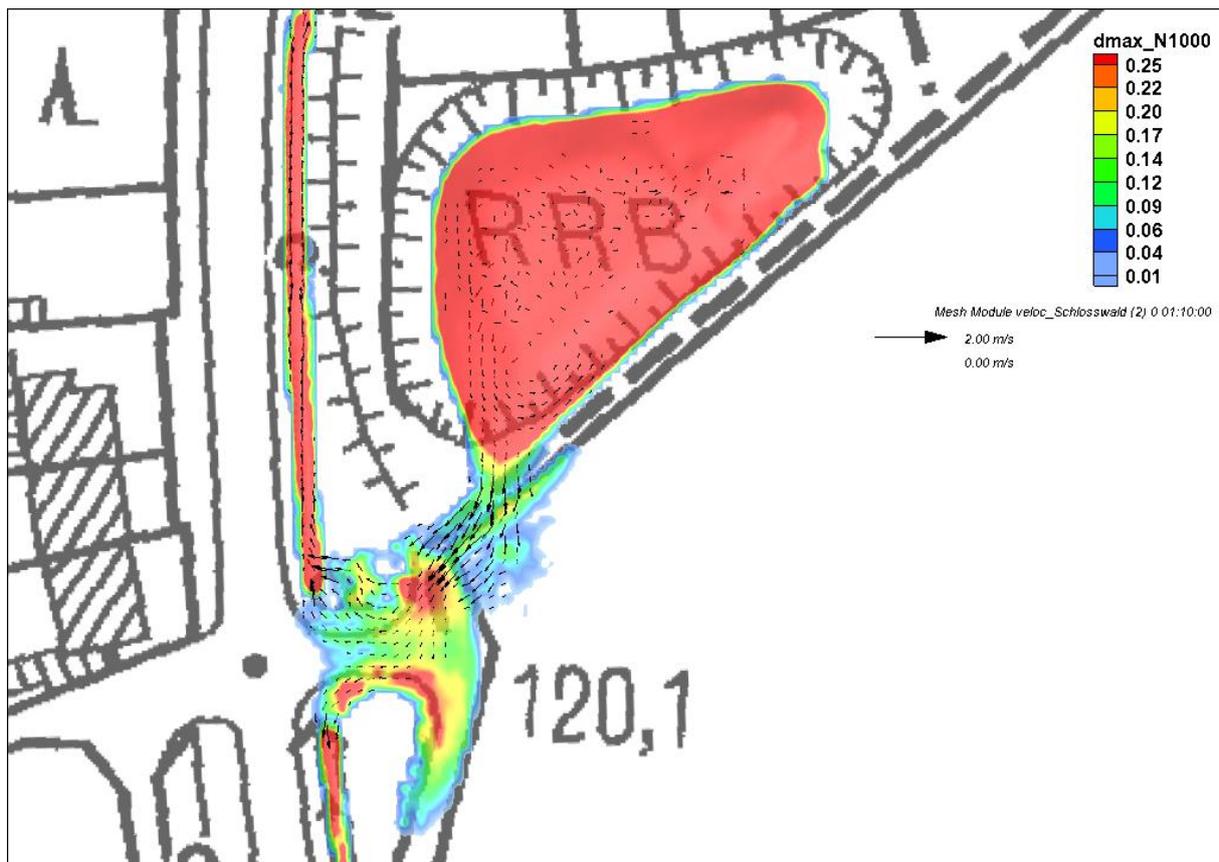


Abbildung 3-4: Wassertiefen und Fließrichtung bei einem 1000-jährlichem Zufluss zum VB

4 Literatur und verwendete EDV-Programmsysteme

DWD Climate Data Center (CDC), Raster der Wiederkehrintervalle für Starkregen (Bemessungsniederschläge) in Deutschland (KOSTRA-DWD), Version 2010R.

Stadt Übach-Palenberg, Erschließung Bebauungsplan 104 "Am Schlosswald" In Übach-Palenberg, Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis zur Versickerung von Niederschlagswasser, IB Brendt, 2002

Stadt Übach-Palenberg, Hydrogeologisches Gutachten zur zentralen Versickerung von Niederschlagswässern im Bereich des Bebauungsplanes Nr. 104 Wohnpark Rimbürg 5, IB Nacken, März 2001

Stadt Übach-Palenberg, Erschließung Otto-von-Hubach-Straße - Entwässerungsstudie -, IB Achten und Jansen, April 2019

Verwendete EDV-Programmsysteme

ArcGIS Desktop®, Version 10.4 - ESRI, Redlands (CA), USA

AutoCAD, Version Civil 3D 2018 - Autodesk, San Rafael (CA), USA

HYDRO_AS-2D, Version 5.1.4 - Dr. M. Nujić, Rosenheim / Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen

SMS, Version 11.2.13 - AQUAVEO, Provo (Utah), USA

Anhang: KOSTRA Niederschlag

Zeitspanne : Januar bis Dezember		S03Z55 Übach-Palenberg							N in mm					extrapoliert		
Dauer/Tn	h	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200	500	1.000			
5,0 min	0,083	4,8	6,2	7,0	8,0	9,3	10,7	11,5	12,5	13,9	15,2	17,0	18,4			
10,0 min	0,167	7,6	9,6	10,8	12,3	14,3	16,2	17,4	18,9	20,9	22,9	25,5	27,5			
15,0 min	0,250	9,5	12,0	13,4	15,3	17,8	20,2	21,7	23,5	26,0	28,5	31,8	34,2			
20,0 min	0,333	10,8	13,7	15,4	17,6	20,5	23,4	25,1	27,2	30,1	33,0	36,9	39,8			
30,0 min	0,500	12,6	16,2	18,3	21,0	24,6	28,2	30,3	33,0	36,6	40,2	45,0	48,6			
45,0 min	0,750	14,1	18,6	21,2	24,6	29,1	33,6	36,2	39,5	44,0	48,5	54,5	59,0			
60,0 min	1,000	15,0	20,3	23,3	27,2	32,5	37,8	40,8	44,7	50,0	55,3	62,2	67,5			
75,0 min	1,250	16,0	21,4	24,6	28,6	34,0	39,4	42,6	46,6	52,0	57,4	64,6	70,0			
80,0 min	1,333	16,2	21,7	24,9	29,0	34,4	39,9	43,1	47,2	52,6	58,1	65,3	70,8			
90,0 min	1,500	16,8	22,3	25,6	29,7	35,3	40,8	44,1	48,2	53,8	59,4	66,7	72,3			
2,0 h	2,000	18,2	23,9	27,3	31,6	37,4	43,2	46,6	50,8	56,6	62,4	70,1	75,9			
2,5 h	2,500	19,3	25,3	28,8	33,2	39,1	45,1	48,6	53,0	59,0	64,9	72,8	78,8			
3,0 h	3,000	20,3	26,4	30,0	34,5	40,6	46,8	50,3	54,8	61,0	67,1	75,2	81,3			
4,0 h	4,000	22,0	28,3	32,1	36,8	43,1	49,5	53,2	57,9	64,3	70,7	79,1	85,4			
6,0 h	6,000	24,6	31,3	35,2	40,2	46,9	53,6	57,6	62,5	69,3	76,0	84,9	91,6			
9,0 h	9,000	27,5	34,6	38,7	44,0	51,1	58,2	62,4	67,6	74,7	81,8	91,2	98,3			
12,0 h	12,000	29,7	37,1	41,5	46,9	54,3	61,7	66,0	71,5	78,9	86,3	96,1	103,5			