Hydronumerische gekoppelte 1D-Kanalnetzmodell und 2D-Oberflächesimulation urbaner Sturzfluten mit MIKE FLOOD in zwei Pilotgebieten in Lübeck im Projekt Rain Ahead

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Sebastian Schlauß, DHI Workshop Uni Bremen, 27.04.2016

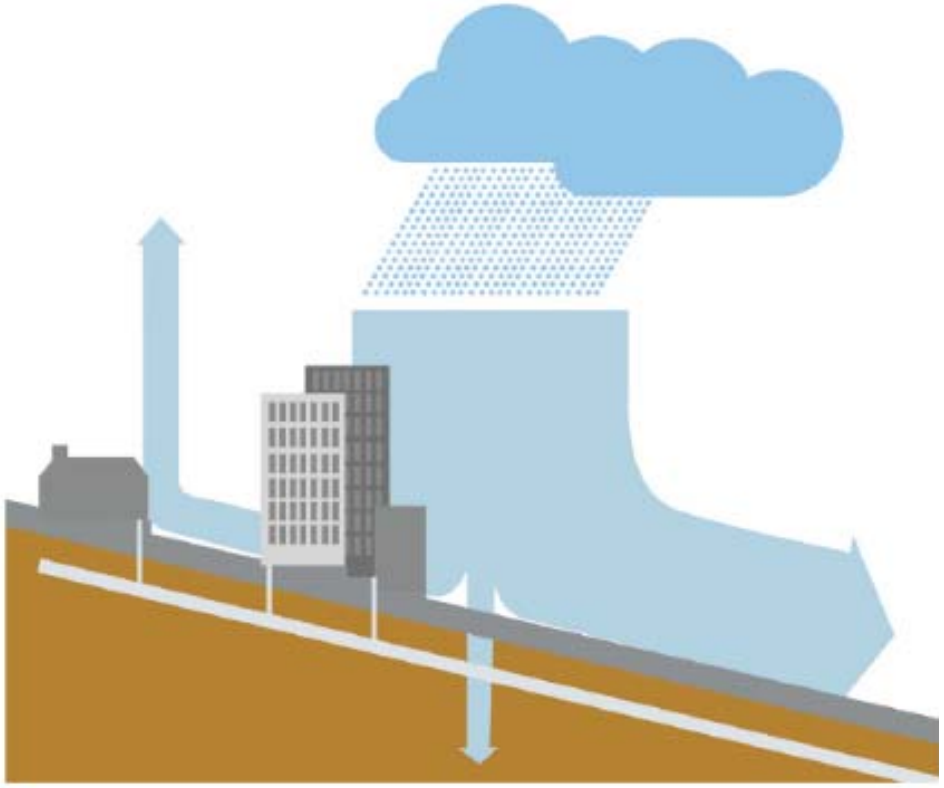
Labor für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, FH Lübeck, Prof. Grottker

Inhalt

- Starkregen/Urbane Sturzfluten
- Modellerstellung MIKE URBAN, MIKE 21 → MIKE FLOOD
- Simulationen & Ergebnisse
- Konzepte/Maßnahmen
- Fazit/Ausblick

Starkregen/Urbane Sturzfluten

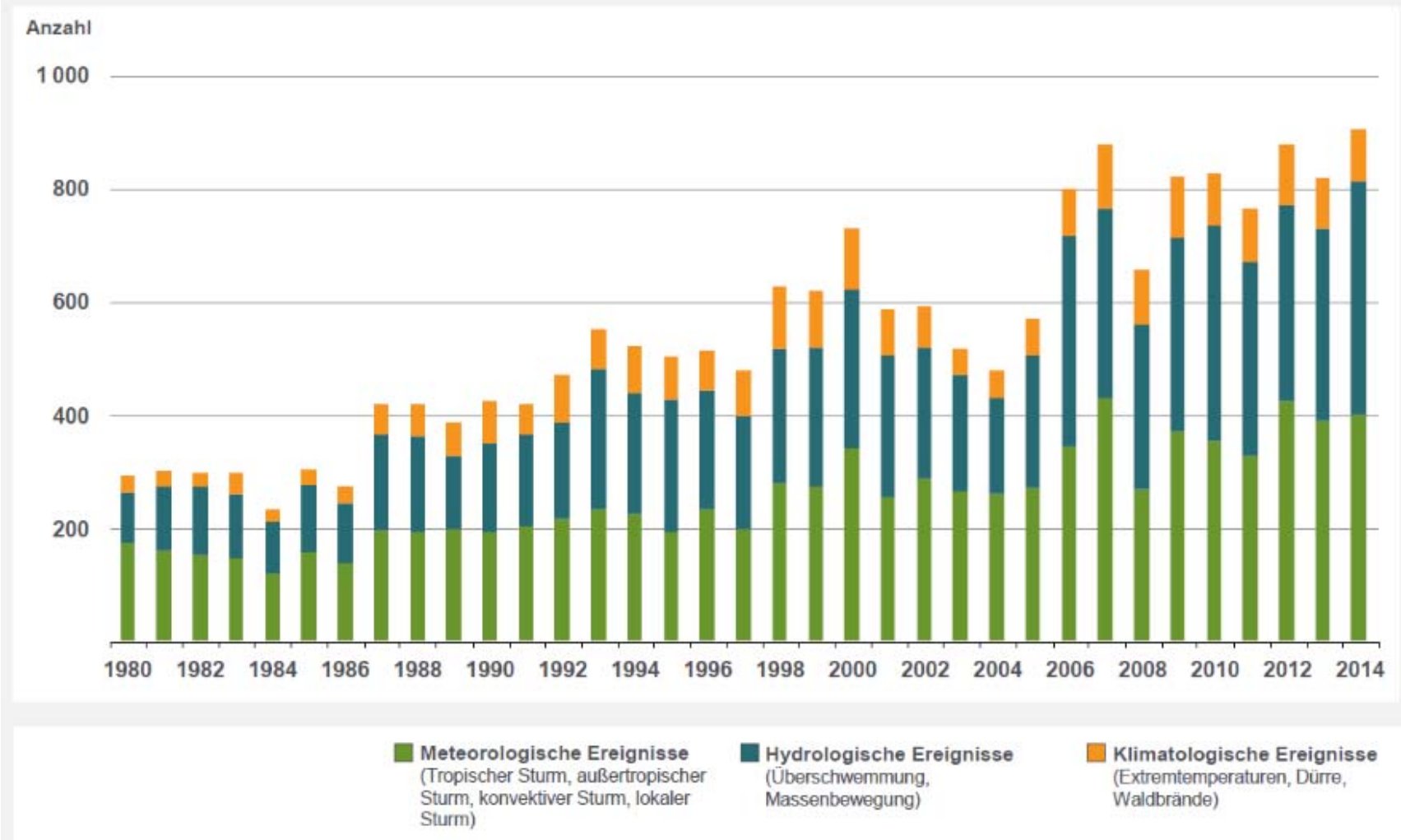
Problematik



Quelle: Kruse et al., Stadtentwicklung und Klimaanpassung, 2014

Starkregen/Urbane Sturzfluten

Ereignisse



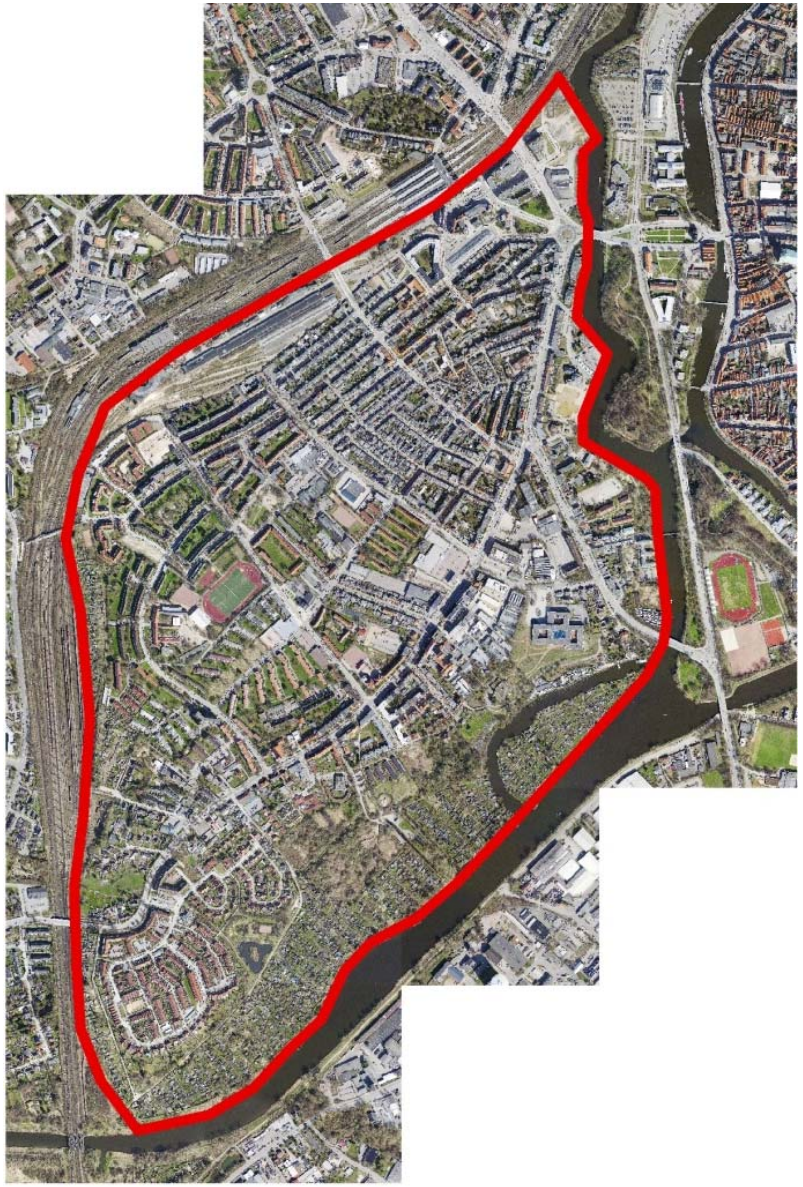
Quelle: MunichRe, Wetterschäden von 1980 – 2014 Weltweit, 2015

Modellerstellung

- EZG St. Lorenz Süd
- 2,4 km²
- 74 km Kanalnetz
- Schmutzwasser, Mischwasser und Regenwasser

Daten

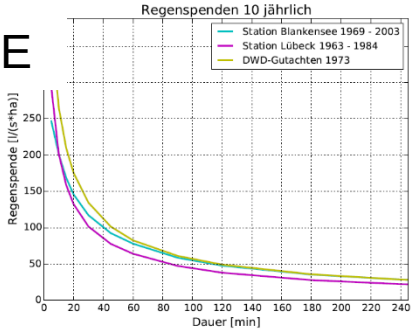
- Laserscandaten 1x1 m → DGM
- YSI-Bau → Kanalnetz
- AutoCAD Zeichnung → Kanalnetz
- ALK Daten → Dachflächen EZG´s
- Niederschlagsdaten DWD 1973
  r (15,1) = 106 l/s * ha → Blockregen
- DSGK → Strassenabläufe
- Orthophotos
- Nutzungsdaten



Quelle Orthophotos: Entsorgungsbetriebe Lübeck

Modellerstellung

1D Modell: MIKE URBAN MOUSE



2D Modell: MIKE 21

Regendaten
-DWD-Gutachten-

N-A-Simulation

Dachflächen
(Einzugsgebiete)

+

Hydrologisches
Modell
-MOUSE-

Regendaten
-DWD-Gutachten-

Direct Rain Method
(Dachflächen ausgenommen)
-Mike 21-

Abfluss auf 2D-Oberfläche

Straßenabläufe / Schächte

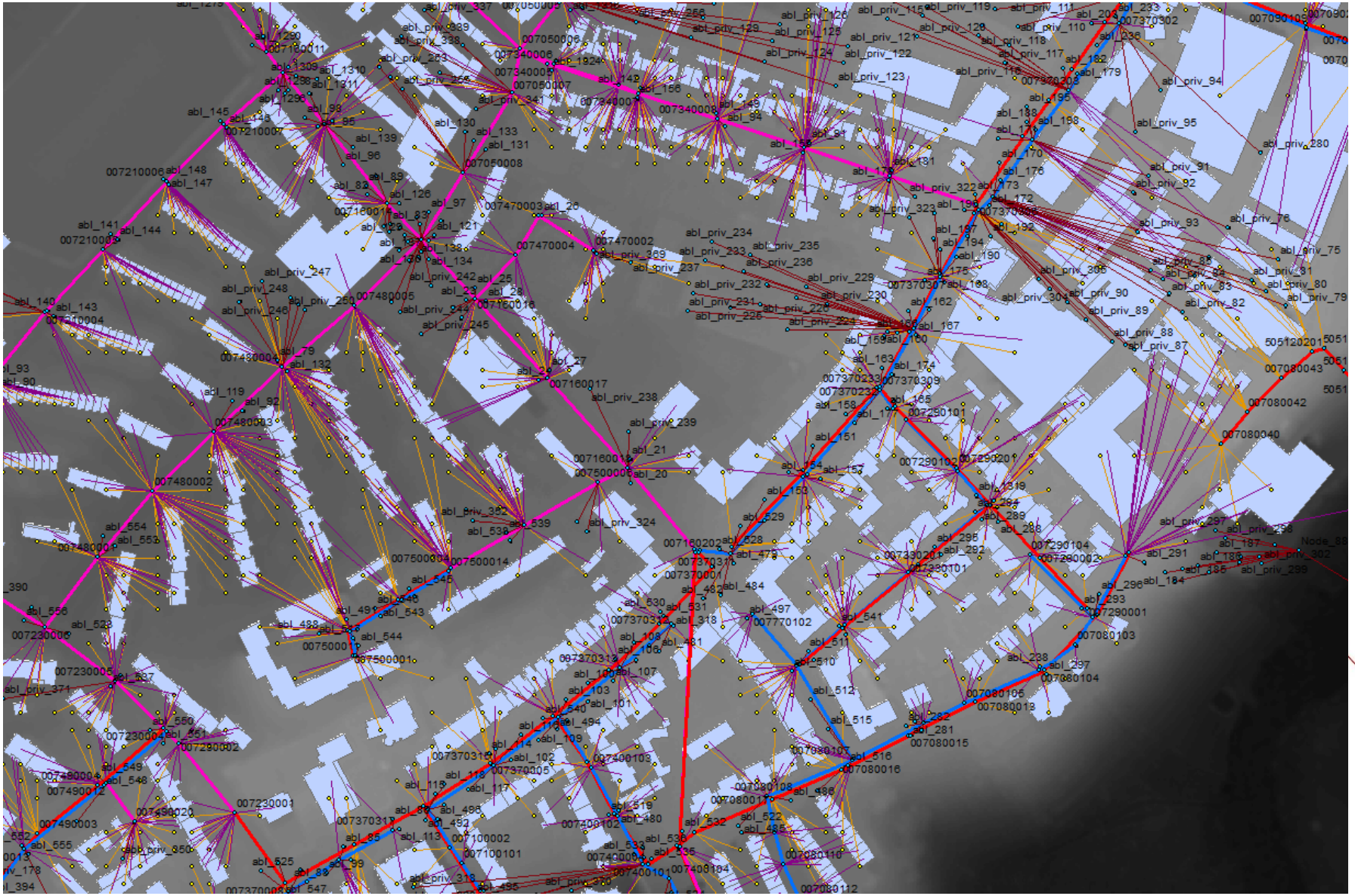
Catchment connection

Kanalnetz

Straßenabläufe / Schächte

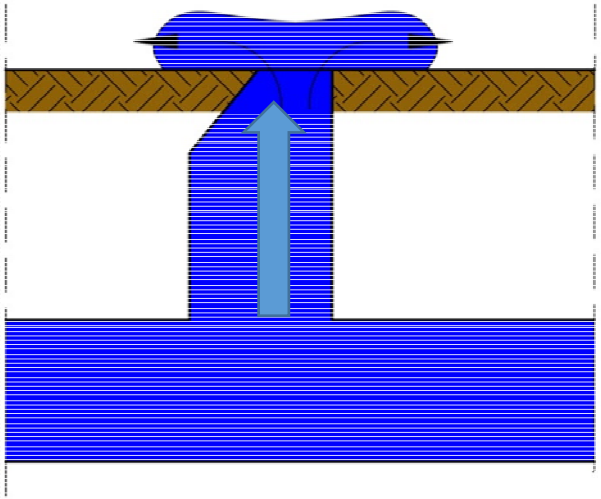
Gekoppeltes 1D-2D Modell: MIKE FLOOD

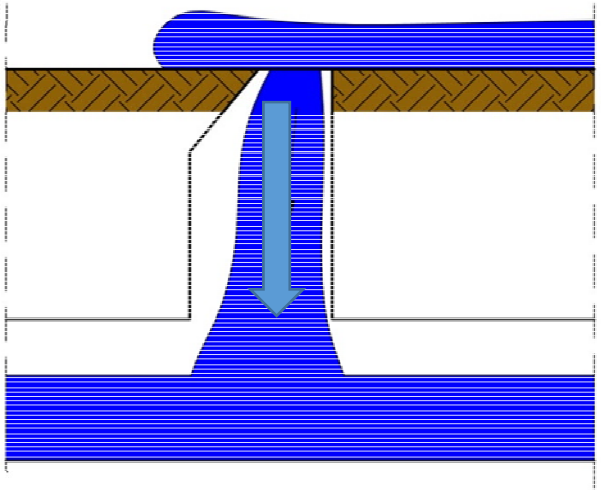
Modellerstellung



Modellerstellung

Kopplungsparameter





Straßenabläufe und Schächte

$$
\begin{aligned}
Q &= \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot h} \\
&= 0,582 \cdot 0,025 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,38} \\
&= 0,0397 \mathrm{m}^3/\mathrm{s}
\end{aligned}
$$

mit:

$$
\begin{aligned}
Q &= \text{Volumenstrom durch Schachtdeckel } [\tfrac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}] \\
h &= \text{Wasserstand an der Oberfläche [m]} \\
A &= \text{Fläche der Lüftungsöffnungen } [\mathrm{m}^2] \\
\mu &= \text{Verlustbeiwert [-]}
\end{aligned}
$$

Quelle: nach DHI, 2014

Modellerstellung

Kopplungsparameter

Ablauftyp	Querneigung [%]	Längsneigung [%]							
		0,0	0,2	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0
300 x 500 mm	2,5	2,5	2,6	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
	6,0	5,4	5,6	5,8	5,8	7,2	6,4	6,4	3,4
500 x 500 mm	2,5	4,3	4,3	4,4	4,5	5,0	5,4	6,0	6,4
	6,0	9,8	10,7	11,3	14,0	9,6	6,1	6,4	6,6

Abb. 1: links: Feldversuche (Längsneigung > 10 %, Querneigung = 2,5 % – 5 %, Q = 10 l/s), rechts: Physikalische Modellversuche (Längsneigung = 2,5 %, Querneigung = 2,5 %, Q = 18 l/s)

/s]
nnt
024
050

Quelle: Kemper et al., KW 2/15

Modellerstellung

Zusammenfassung

1D-Kanalnetzmodell

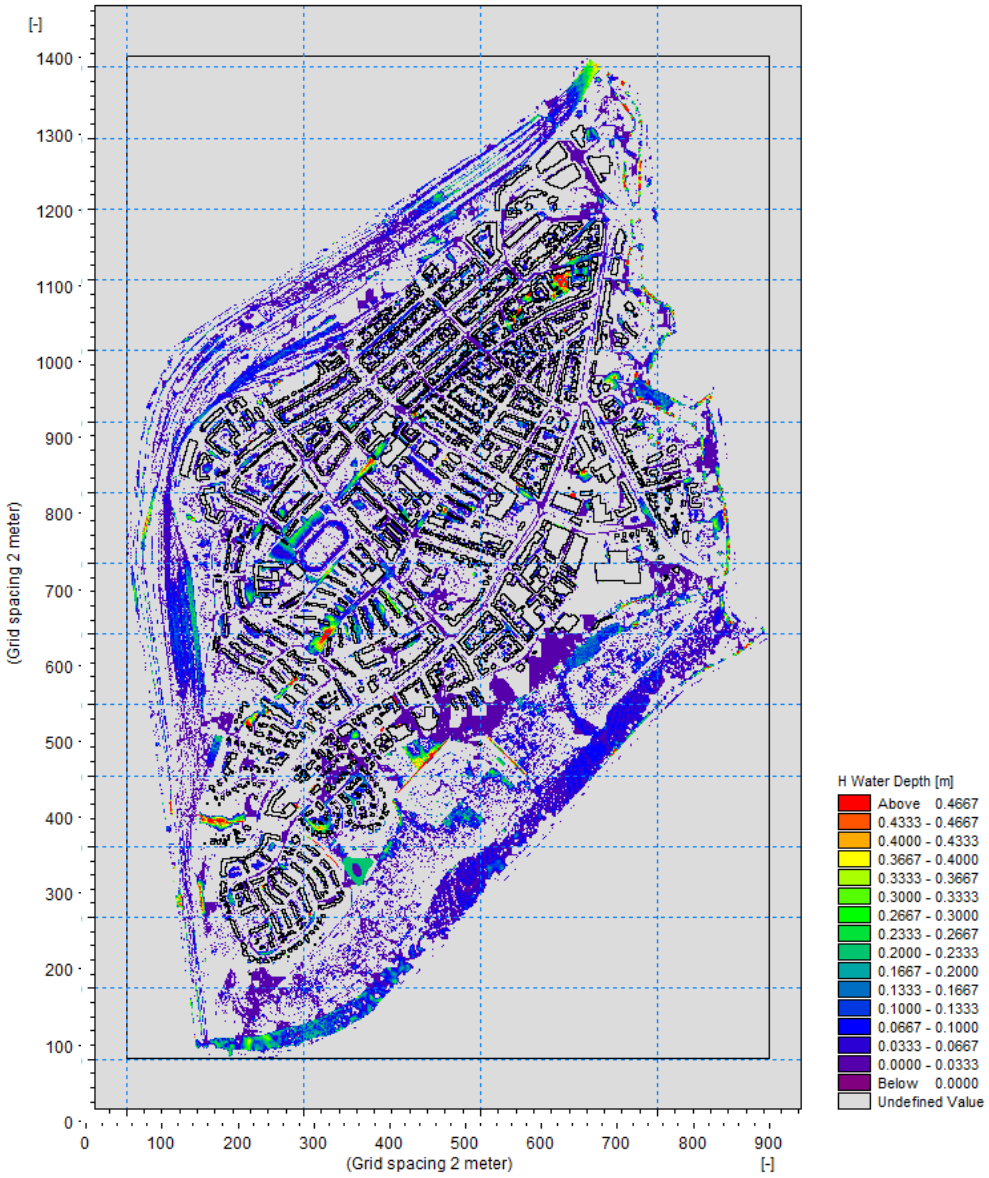
- Bereinigung, Korrekturen
- Straßenabläufe
- Sonderbauwerke
- hydrologisches Modell

2D-Oberflächenmodell

- Zuschnitt
- Gebäude Ausstanzen
- Randbedingung

gekoppeltes Modell

- Parameter
- Kopplung

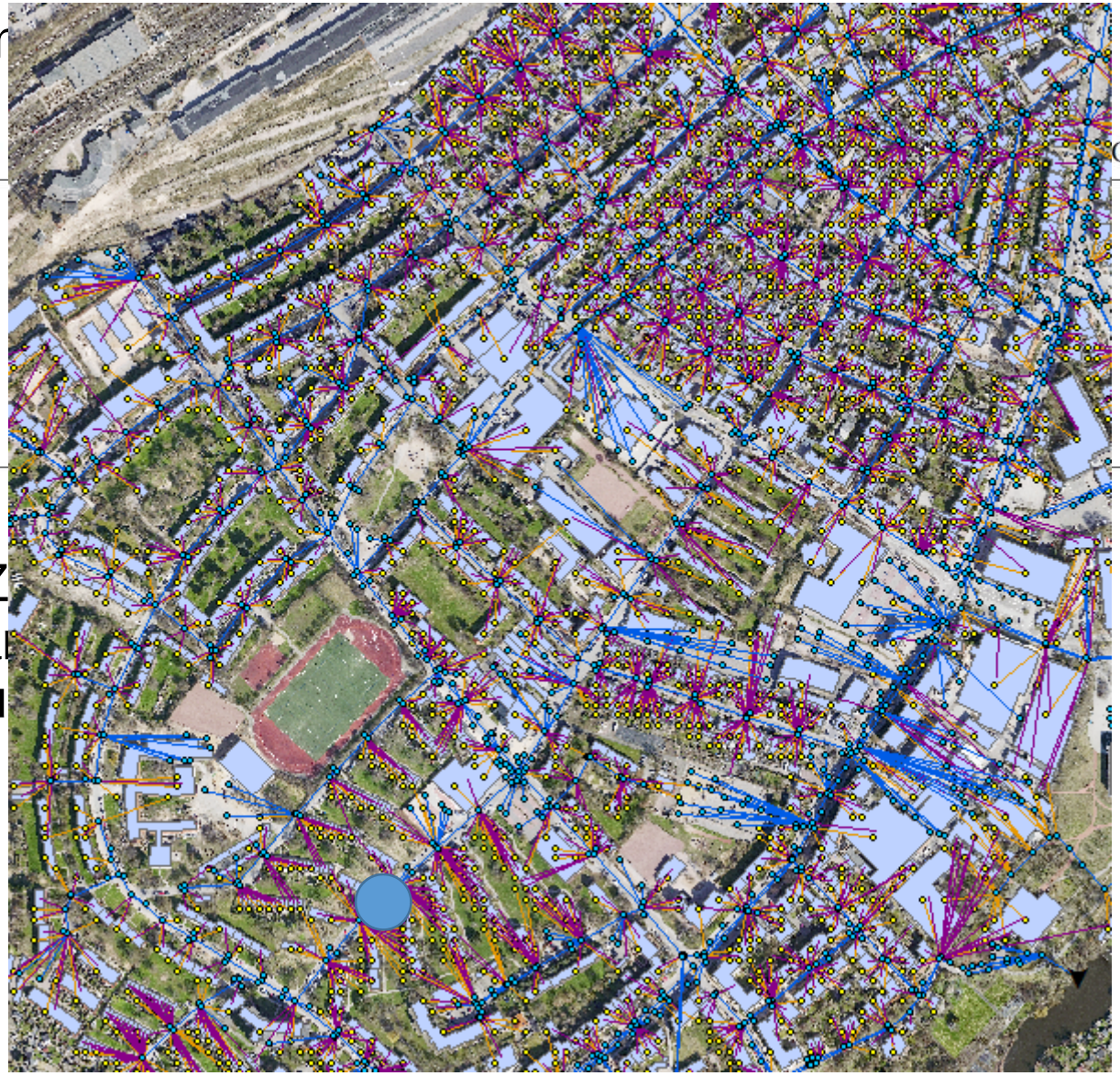


Simulationen & Ergebnisse

Kontrollpur

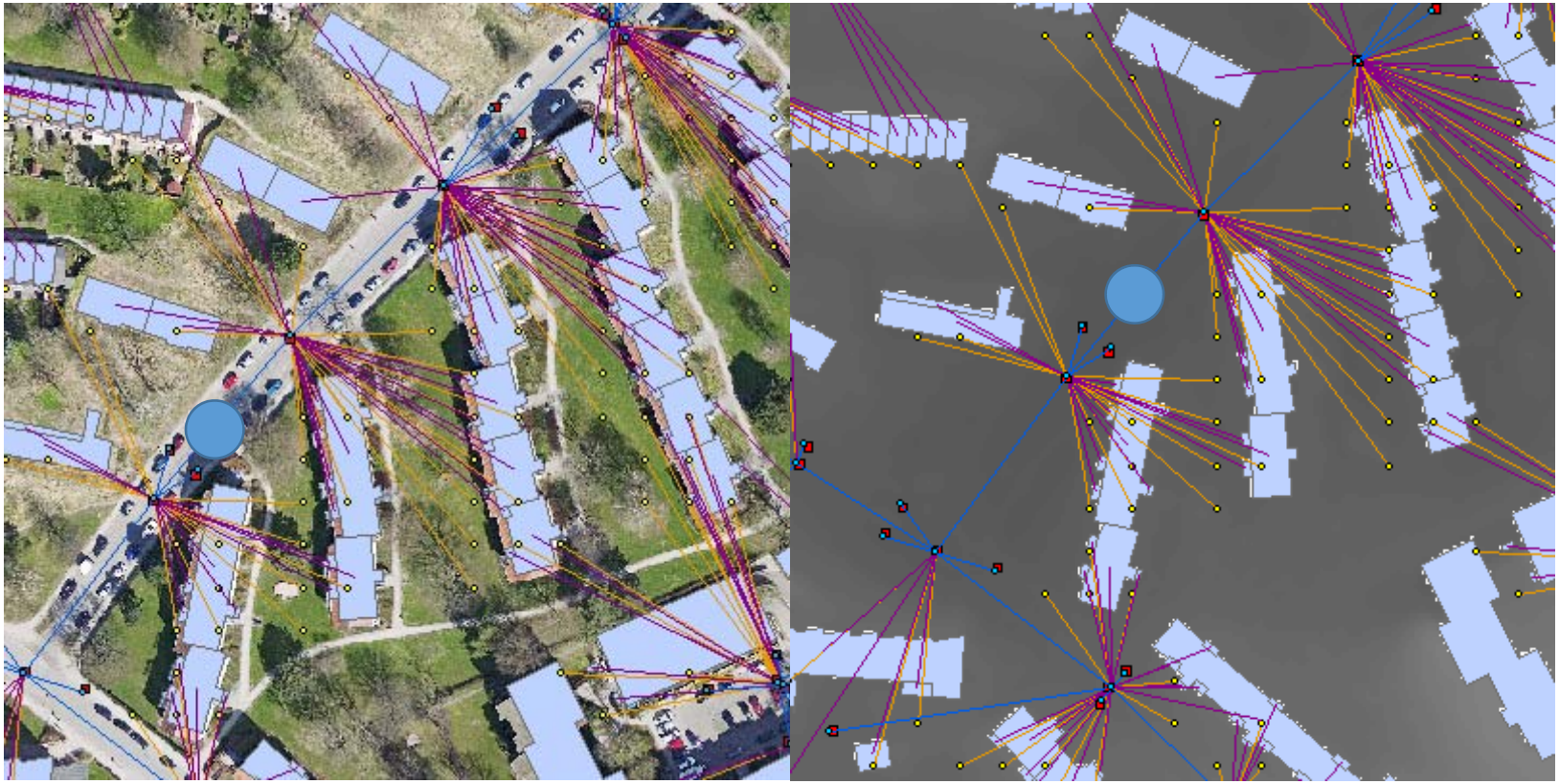
Punkt Nr.	chacht [MUID]
1	7480001
2	7170014
3	7370309
4	7280101
5	7310022

Ausgabe Z
Wasserstär
(Wasserau



Simulationen & Ergebnisse

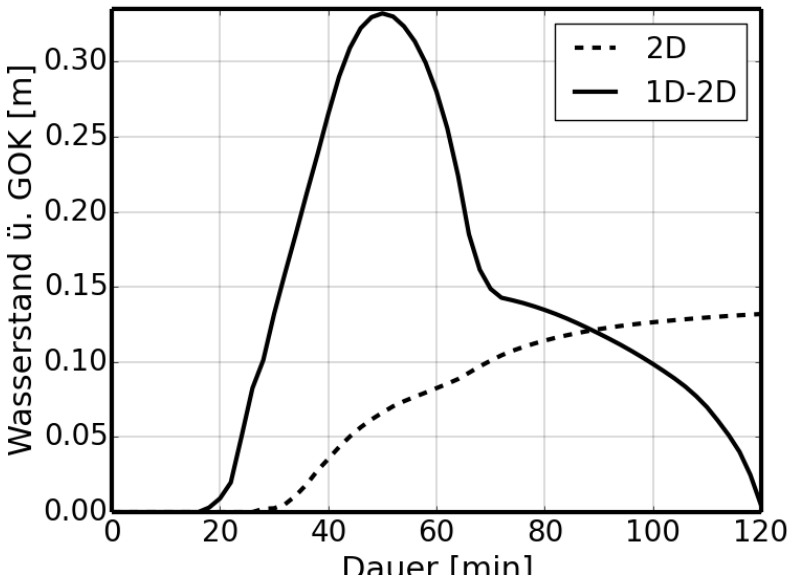
Punkt 1



Simulationen & Ergebnisse

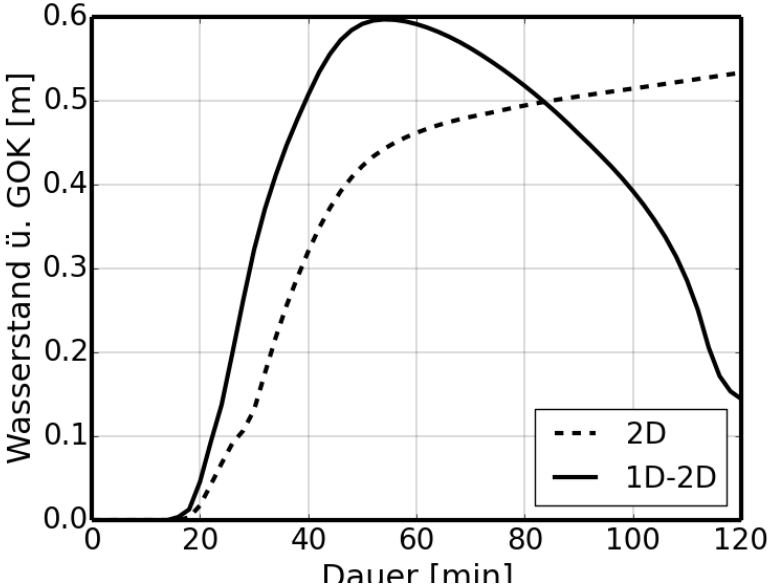
Überprüfung des Ansatzes

Punkt 1



Regenereignis 5a, 30 min

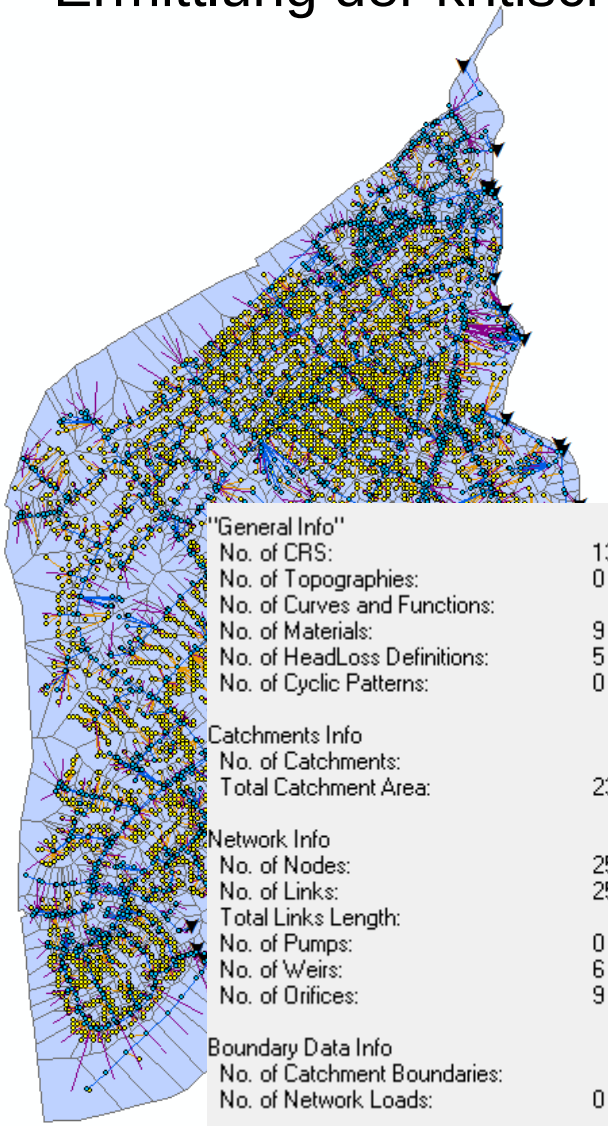
Punkt 1



Regenereignis 100a, 30 min

Simulationen & Ergebnisse

Ermittlung der kritischen Fließzeit



"General Info"

No. of CRS:	13
No. of Topographies:	0
No. of Curves and Functions:	5
No. of Materials:	9
No. of HeadLoss Definitions:	5
No. of Cyclic Patterns:	0

Catchments Info

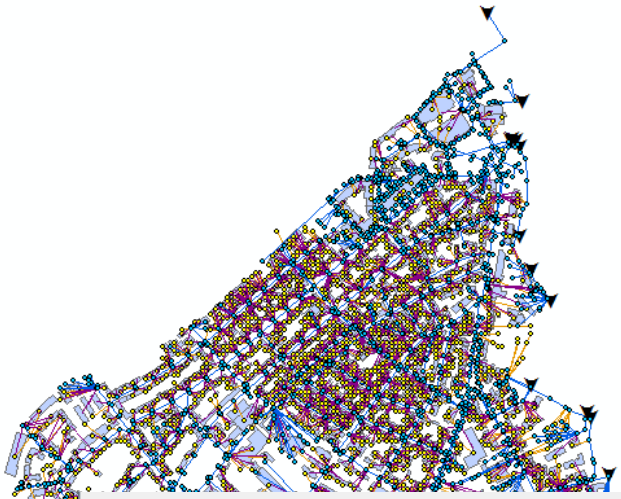
No. of Catchments:	2549
Total Catchment Area:	239.256 [ha]

Network Info

No. of Nodes:	2573
No. of Links:	2581
Total Links Length:	73877.4 [m]
No. of Pumps:	0
No. of Weirs:	6
No. of Orifices:	9

Boundary Data Info

No. of Catchment Boundaries:	45
No. of Network Loads:	0



"General Info"

No. of CRS:	13
No. of Topographies:	0
No. of Curves and Functions:	5
No. of Materials:	9
No. of HeadLoss Definitions:	5
No. of Cyclic Patterns:	0

Catchments Info

No. of Catchments:	4216
Total Catchment Area:	48.5661 [ha]

Network Info

No. of Nodes:	2573
No. of Links:	2581
Total Links Length:	73877.4 [m]
No. of Pumps:	0
No. of Weirs:	6
No. of Orifices:	9

Boundary Data Info

No. of Catchment Boundaries:	45
No. of Network Loads:	0

Simulationen & Ergebnisse

Ermittlung der kritischen Fließzeit im Kanalnetz 5 jährliches Regenereignis (Nur Dachflächen als EZG´s an Kanalnetz)

Dauerstufe [min]	5	**10**	15	20	30	45	60
Regenintensität [mm/h]	113,3	80,4	63,7	53,5	41,1	31,1	25,4
Anzahl überst. Schächte	36	**55**	42	31	26	22	21

Überprüfung mit Modellansatz, indem alle Einzugsgebiete an das Kanalnetz angeschlossen sind liefert anderes Ergebnis

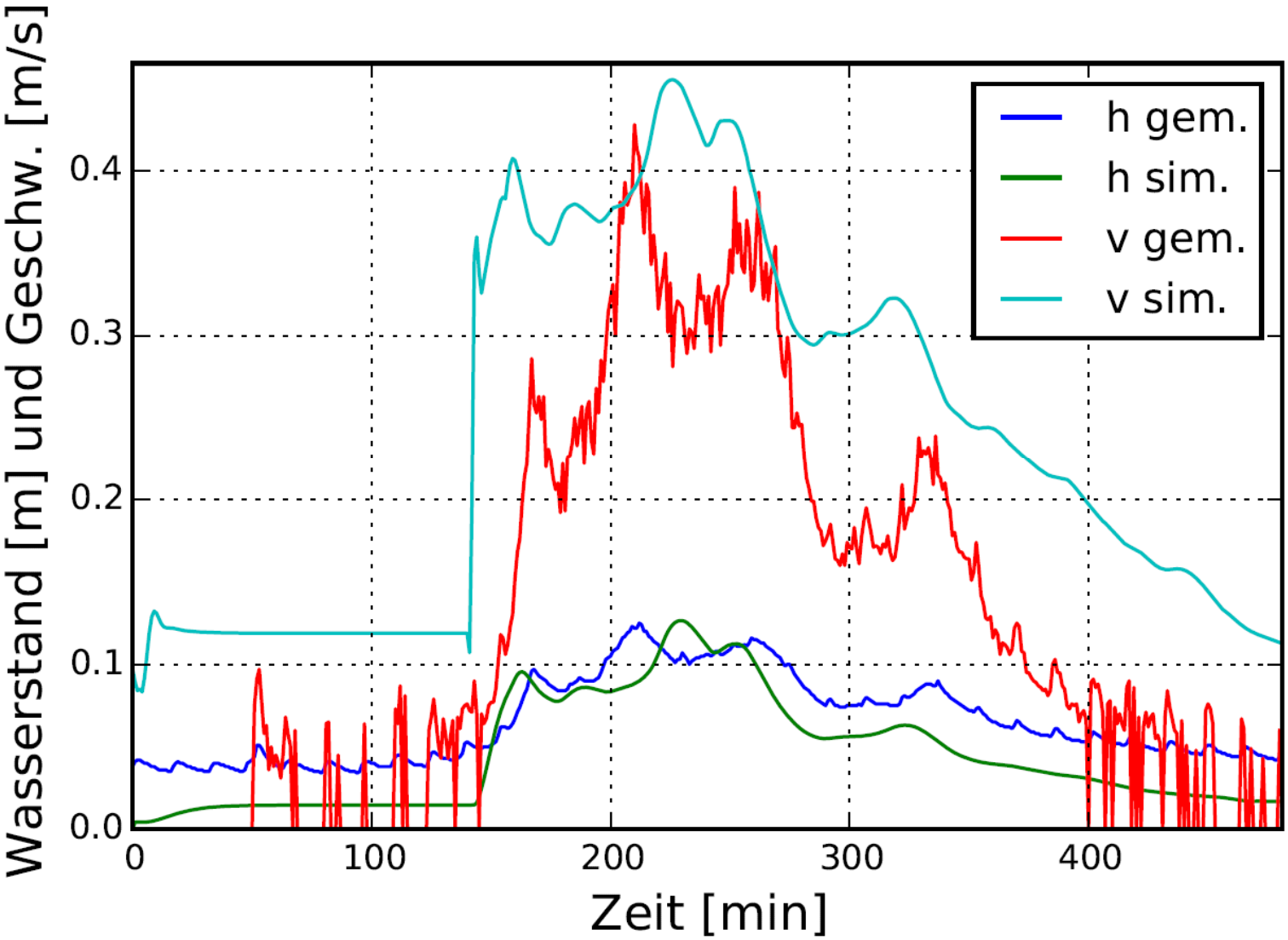
Dauerstufe [min]	5	**10**	**15**	**20**	**30**	**45**	60
Regenintensität [mm/h]	113,3	80,4	63,7	53,5	41,1	31,1	25,4
Anzahl überst. Schächte	16	**17**	**17**	**17**	**17**	**17**	16

Gekoppeltes Modell: Dachflächen als EZG´s und Beregnung 2D Oberfläche (10 jährliches Regenereignis)

Dauerstufe [min]	5	10	**15**	20	30	45	60
Regenintensität [mm/h]	136,1	95,7	75,6	63,2	48,4	36,6	29,7
Anzahl überst. Schächte	-	247	**415**	391	373	329	99

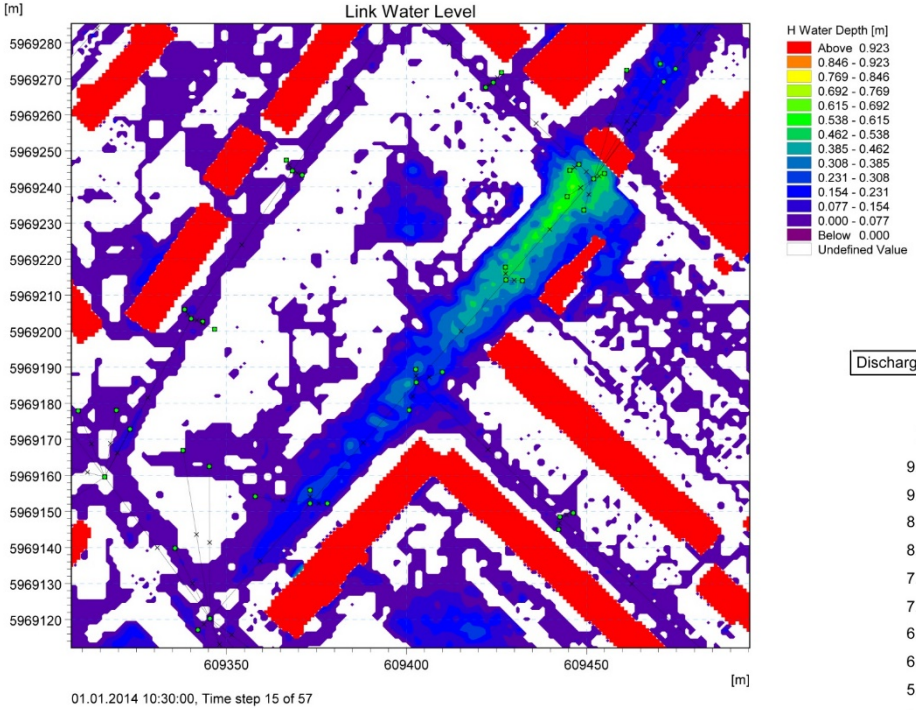
Überprüfung der Simulation

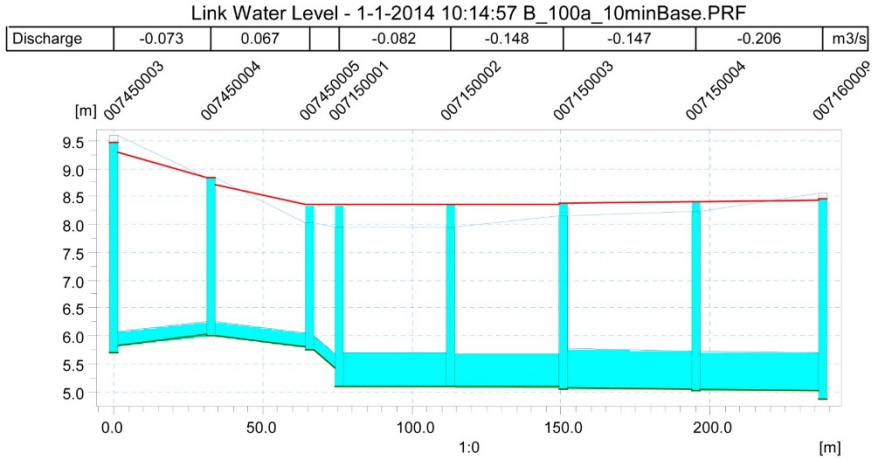
Messung im Kanalnetz und Vergleich mit Simulation



Simulationen & Ergebnisse

Überflutungssituation und Kanalnetz

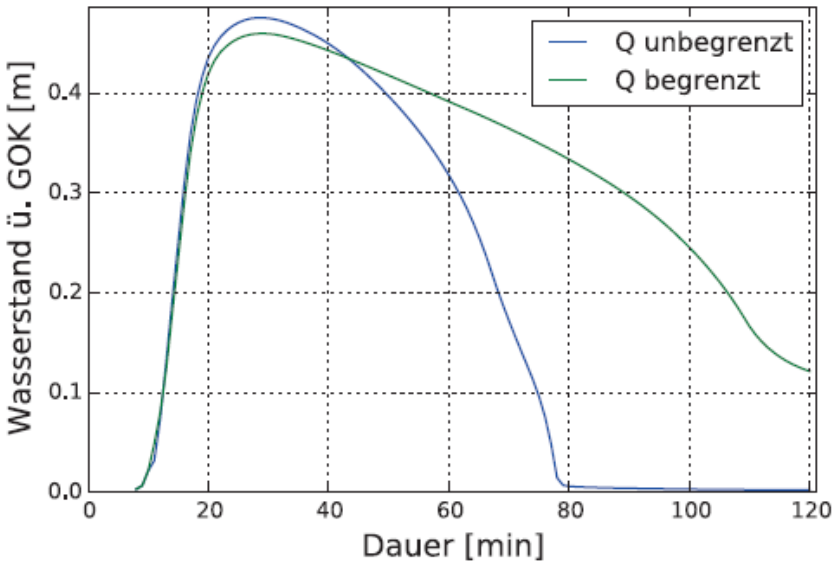


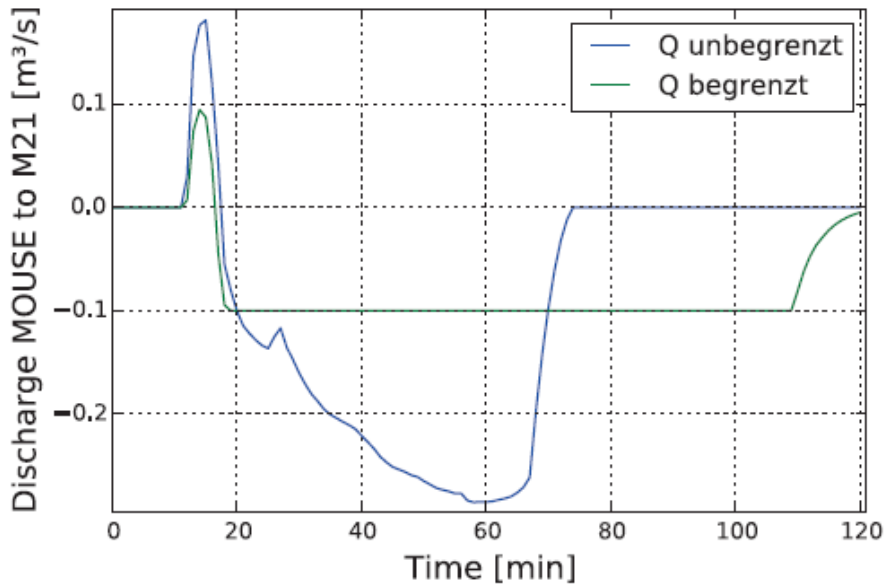


Ground Lev.	9.59	8.84	8.02	7.96	7.96	8.16	8.23	[m]
Invert lev.	5.71	6.01	5.74	5.10	5.08	5.05	5.01	[m]
Length	32.58	32.96		37.24	37.79	44.72	42.40	[m]
Diameter	0.25	0.25		0.60	0.60	0.70	0.70	[m]
Slope o/oo	5.68	6.71		0.30	0.13	0.94	0.38	

Simulationen & Ergebnisse

Variation der Ablaufkapazität der Straßenabläufe und Schächte

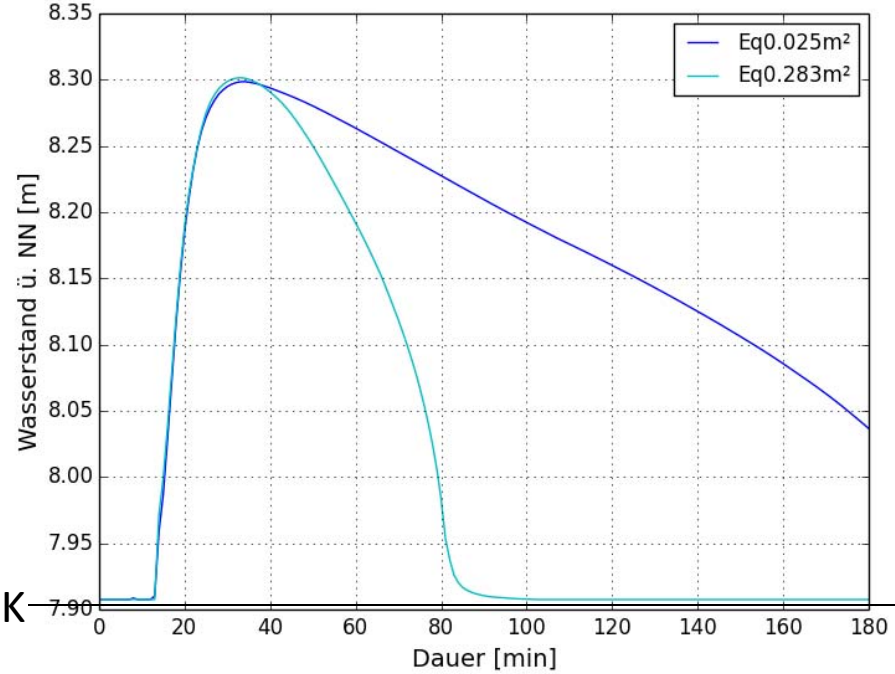




Simulationen & Ergebnisse

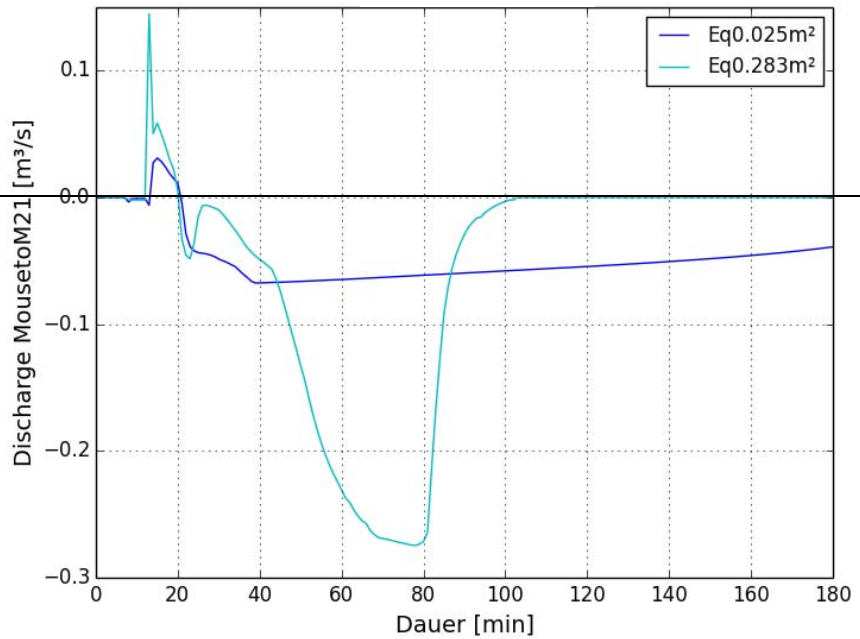
Variation des Einlaufquerschnittes der Schächte

Punkt 1



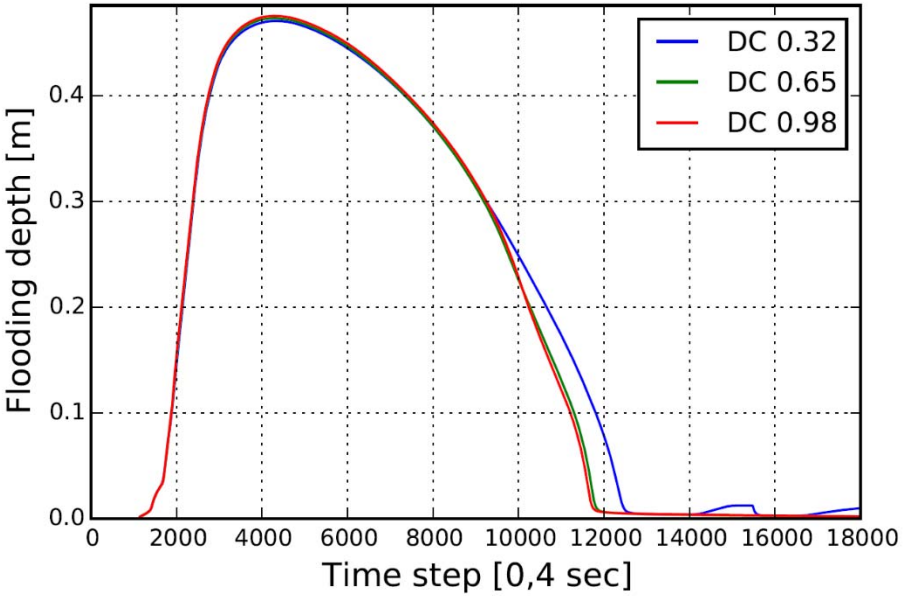
GOK

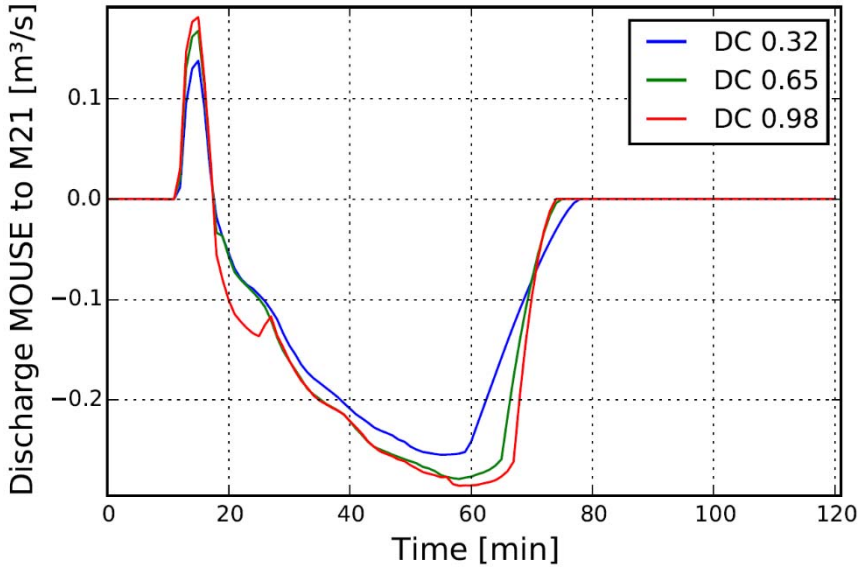
Punkt 1



Simulationen & Ergebnisse

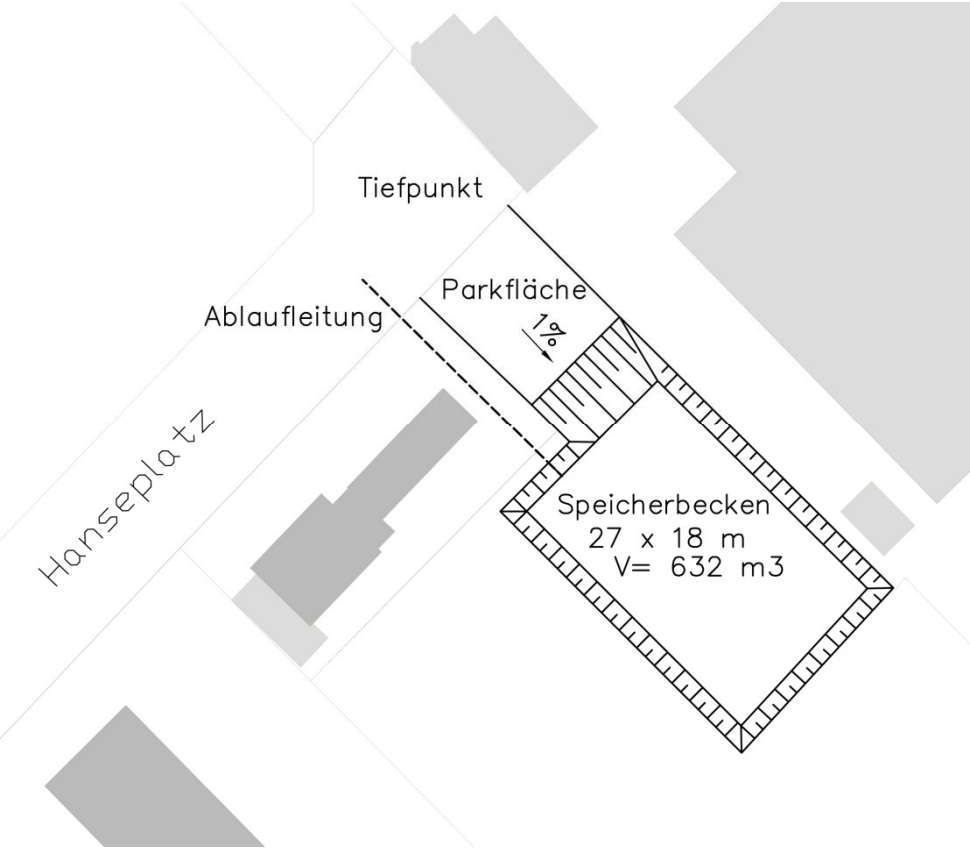
Variation des Verlustbeiwertes der Schächte und Straßenabläufe





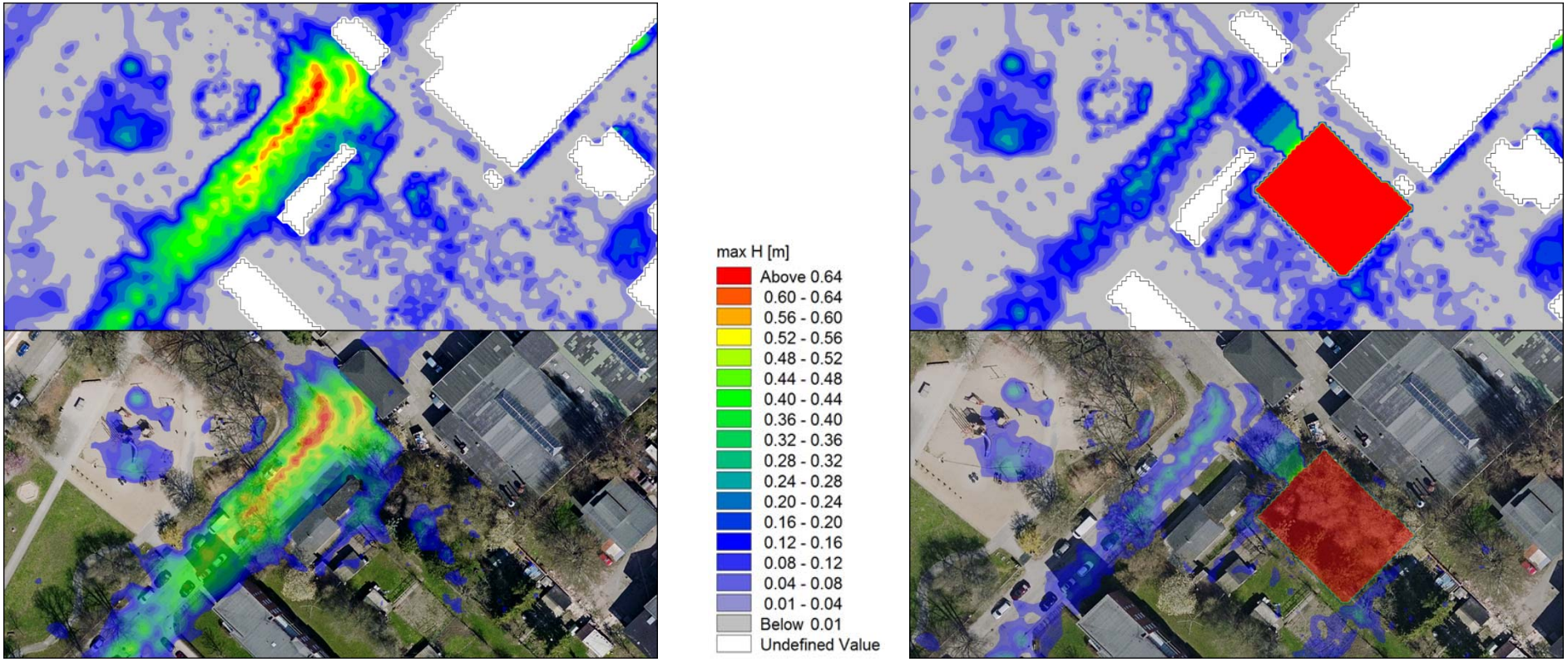
Konzepte/Maßnahmen

Speicherbecken



Konzepte/Maßnahmen

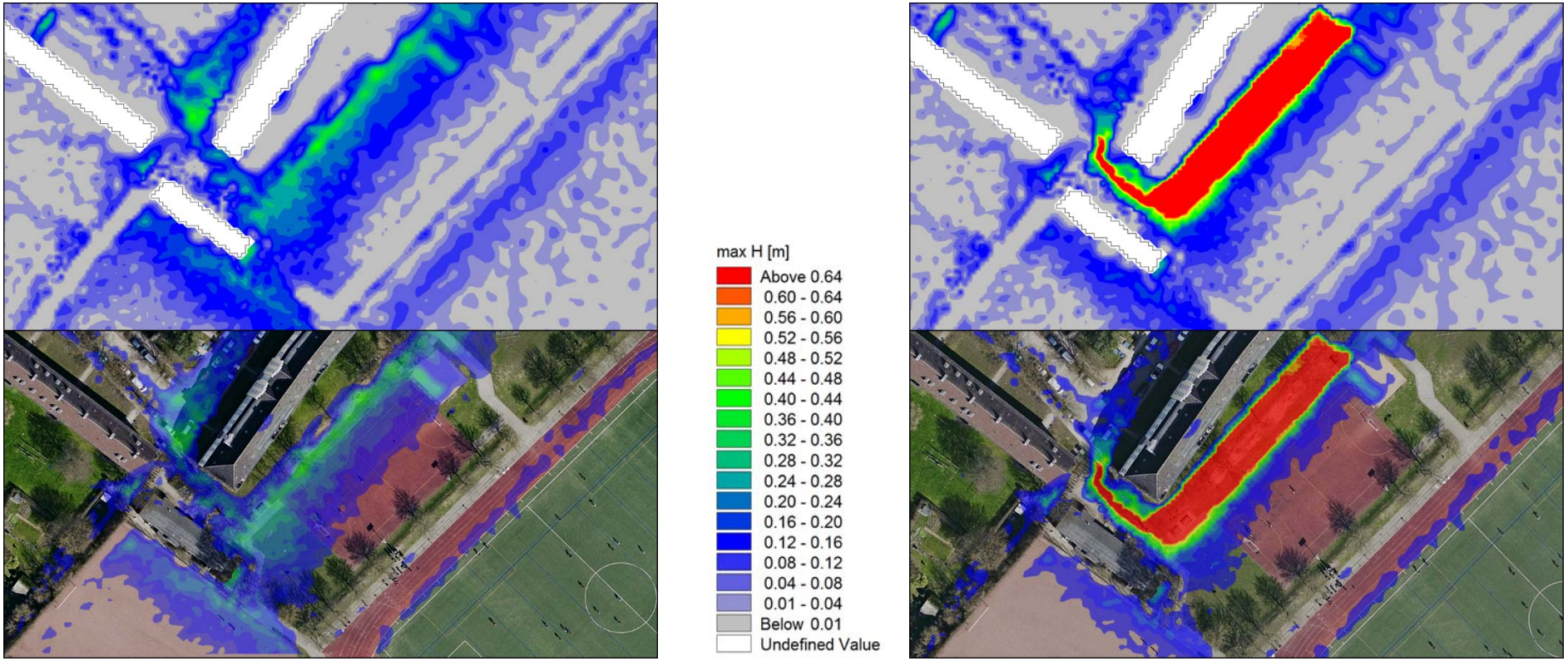
Speicherbecken



Reduktion maxH von 0,64 auf 0,32 m (auf der Straße).
Wassermenge auf der Straße reduziert von 748 m³ auf 269 m³

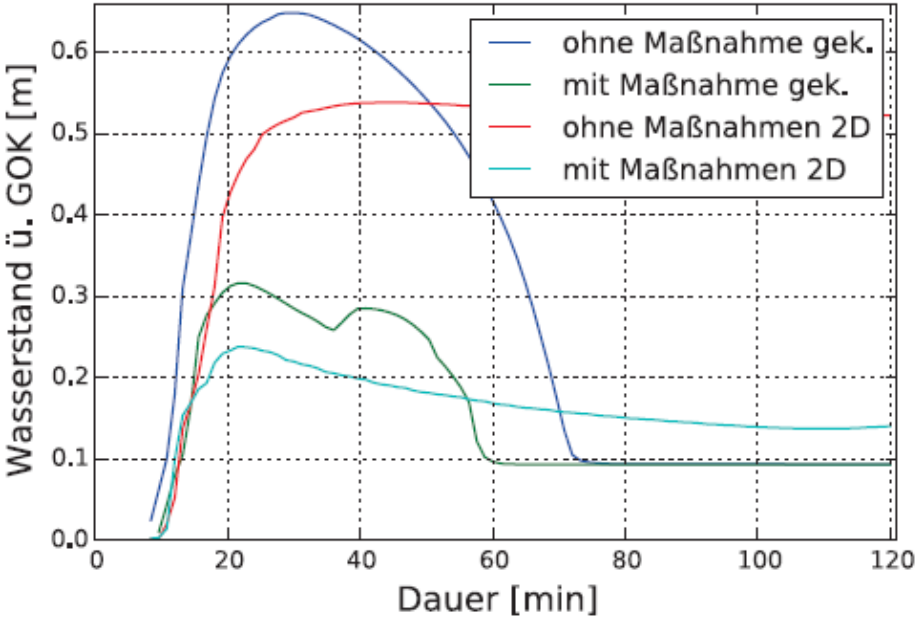
Konzepte/Maßnahmen

Mulde und Wall



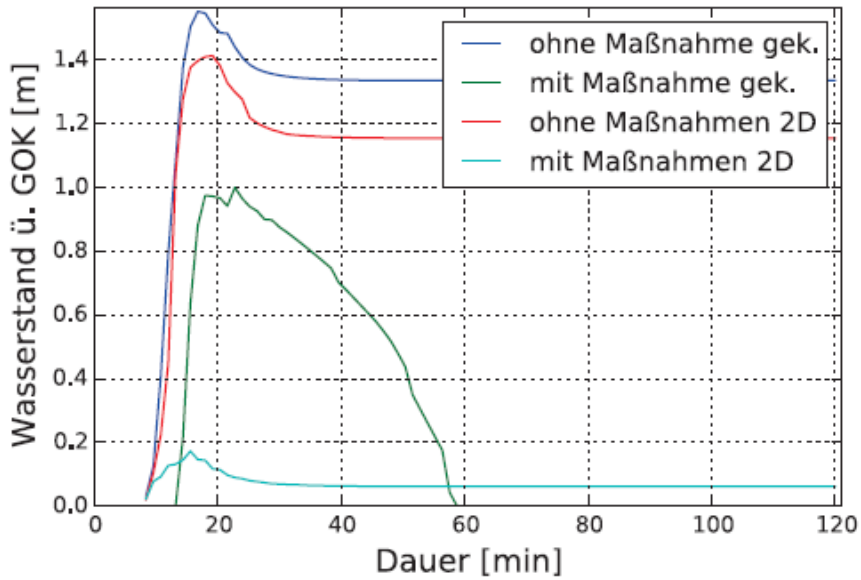
Reduktion maxH von 0,38 auf 0,28 m auf der Straße.
Wassermenge auf der Straße reduziert von 109 m³ auf 65 m³

Konzepte/Maßnahmen



Speicherbecken

Geländeabsenkung und zusätzlicher Schacht



Fazit/Ausblick

- Großer Aufwand
- Viele Daten, Bereinigen, Transformieren etc. (Pre-Processing)
- Vereinfachungen im Modell→ Genauigkeit Simulationsergebnisse?
- Eher eine Überschätzung der Überflutungen
- Parameter Analysen → Modell reagiert erwartungsgemäß, die Kopplungsparameter haben eher einen Einfluss auf die Einstaudauer als auf die Einstautiefe (maxH)
- Begrenzung zeigt größten Effekt auf den Austausch zwischen den Modellen (Discharge MOUSE to M21)
- Vergleich mit Messdaten zeigt gleiche Größenordnung
- Messung an weiteren Punkten im EZG, sowie nach Möglichkeit Regenereignisse mit hohen Intensitäten

Danke für die Aufmerksamkeit!

Fragen?

www.rainahead.de
www.siwawi.fh-luebeck.de
sebastian.schlauss@fh-luebeck.de