

IN-DEPTH KNOWLEDGE: HYDRODYNAMIC SIMULATIONS

IN-DEPTH KNOWLEDGE AS PART OF T4.3.1 MODULE FOR
ASSESSMENT AND MAPPING OF HEAVY RAIN RISKS
(RAINMAN TOOL 1)

Martin Lindenberg, Peter Gocht, Sandra Günther, Kornelia Seifert

Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Dresden



T4.3.1 Module for assessment and mapping of heavy rain risks (RAINMAN Tool 1)

In-depth knowledge: Hydrodynamic simulations

Version 1 27/02/2020

Authors Martin Lindenberg, Peter Gocht, Sandra Günther, Kornelia Seifert

Work commissioned by: Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development (IOER, PP 10)

Editing: Dr. Axel Sauer

Summary

Studies in Meissen with Hystem-Extran 2D

The urban area within the study area is mainly drained via a sewerage system. The natural hydrological catchment area of the study area is connected to it. At present, these are largely undeveloped areas, some of which are used for agricultural purposes and consist largely of forest and fallow land. Due to the topographical situation in the area, the steep inclination of the terrain and partly poor infiltration properties of the soils, wild water runoff from the unchannelled areas is to be expected.

In order to be able to describe the resulting hazards in detail, it is necessary to determine the runoff from the upstream catchment area in connection with the canalized area. In order to properly reproduce such a complex runoff situation as the heavy rainfall event of 27.05.2014, a detailed surface runoff model is used in combination with a sewer network model in a bi-directionally coupled system ("dual drainage modelling"). This creates a realistic model for the overflow behaviour of the sewer network, which also allows a higher accuracy of the calculation results of the sewer network calculation.

In contrast to the conventional sewer network calculation, the water level on the surface is taken into account in the calculation of the sewer discharge. Backwater flowing back into the sewer network is not necessarily fed back at the same shaft, but at those points (usually road drains) where it flows to due to topographical conditions and hydrodynamic processes.

In this way, water depths, the temporal course (e.g. with regard to the duration of flooding) and flow velocities can be determined. This information can be used for detailed risk assessments, for example in the form of a monetary estimate of possible damage.



The simulations are performed with the Hystem-Extran 2D program package. The program FOG-2D (application of ArcMap) is used as graphical user interface.

The calculation results show that considerable areas are flooded by the precipitation in the urban area. A total of 137 ha flooded areas >0.03 m are balanced, 69 ha of which have water levels >0.1 m and 14 ha over 0.5 m. However, the extreme water level >3 m is the tunnel access of the federal road 101. As the tunnel was not reproduced when the model was created (only the height data recorded in the laser scan was used), this water level is not realistic.

A total of 10,882 buildings are present in the available geodata. In order to exclude minor buildings with lower damage potential, a minimum size of 50 m² was introduced, in this case 3,594 buildings. In the calculated event 2,952 buildings >50 m², corresponding to 82% are potentially affected by surface runoff. However, these may also be low water levels, which do not necessarily pose a hazard.

Overall, the calculated event shows a high risk situation in the city area of Meißen. According to initial estimates, this is due to the "wildly flowing water" from outdoor areas, but also to the failure of the sewage system. However, this is also to be expected for a determined maximum return time $T > 100$ years.

Even if only the generally available data are used for modelling, the calculation results clearly show the potential danger areas in the urban area. Further cause analyses (e.g. flow paths, failure of the sewer network, ...) are also possible.

For special problem analyses, especially when flood risk management measures are to be derived, it is recommended, however, to concretise the surface model in certain areas with further data of discharge-conducting structures.

Studies in Spitzkunnersdorf with Hydro_AS-2D

The technical calculations are performed with the two-dimensional hydrodynamic-numerical simulation model HYDRO_AS-2d.

Two-dimensional hydrodynamic-numeric simulation models are an indispensable tool for various water management studies in the field of natural watercourses. Their application is very versatile and ranges from the calculation of flood and dam break wave propagation to flow and discharge simulations during high and low water up to the calculation of sediment and pollutant transport. The two-dimensional simulation should provide information on the following points, among others, depending on the task at hand: Flood limits, duration of flooding, flow velocities, water depths, discharge distribution in the river tube and in the foreland, retention effect, bottom shear stresses. The flow model HYDRO_AS-2d was mainly developed for the calculation of dam burst and flood wave propagation, but can be used just as successfully for general two-dimensional flow simulation (Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, User Manual for HYDRO_AS-2d).



On the basis of the pictures and videos of the event documentation and the estimated water levels that can be detected at certain points, the calculation results are rated as very good. A further indication for a good agreement between model and reality are the handed over damage areas. In the majority of the areas, floods are calculated or discharge paths are recognizable here.

In contrast, various areas show great water depths without any damage areas being identified or the situation documented. This can have various causes. On the one hand, structures that are not included in the data of the digital terrain model, such as bridges, culverts or piping, are not recorded and modelled due to the task. This can lead to the accumulation of water above such structures in the model, which does not occur in reality. However, if such structures are laid, which is not uncommon in heavy rainfall events, the water levels in reality can still correspond to those in the simulation due to the reduced hydraulic performance.

On the other hand, flood plains have been documented mainly where there is a direct risk. Terrain depressions outside the localities could therefore not have been in the focus of the event documentation at the time of heavy rainfall. How the situation downstream of the Spitzkunnersdorf location at the time of the event on 14.05.2017 was presented is not stated in the event documentation. However, the simulation shows that there are significantly fewer people affected than in the Spitzkunnersdorf location.

Since no clear deviations between observation and model results are discernible that can be justified by the parameterisation of the surface model, no further adjustment of the parameters has been carried out.



HYDRODYNAMISCHE SIMULATION VON STARKREGEN-INDUZIERTEN STURZFLUTEN

Martin Lindenberg, Peter Gocht, Sandra Günther, Kornelia Seifert

Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Dresden

Our Project is funded by the Interreg CENTRAL EUROPE Programme that encourages cooperation on shared challenges in central Europe and is supported under the European Regional Development Fund.



Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

Version 27/02/2020

Autoren Martin Lindenberg, Peter Gocht, Sandra Günther, Kornelia Seifert

Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH

Studie im Auftrag von: Leibniz Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR, PP 10)

Herausgeberische Bearbeitung: Dr. Axel Sauer

Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung und Aufgabenstellung	10
2. Radarregendaten	11
2.1. Grundlagen	11
2.2. Messung des Radarregens	12
2.3. Radardatenkorrektur	13
2.4. R-Z-Beziehung	13
2.5. Validierung der Radardaten	15
2.5.1. Ereignis vom 14.05.2017 (Oderwitz / Spitzkunnersdorf)	16
2.5.2. Ereignis vom 27.05.2014 Raum Meißen	18
2.5.3. Statistische Einordnung der Ereignisse	20
3. Überflutungsberechnung „Urbanes Einzugsgebiet“	25
3.1. Grundlagendaten	25
3.2. Betrachtungsgebiet	25
3.3. Modellkonzept - HYSTEM-EXTRAN 2D	26
3.4. Modellerstellung	27
3.4.1. Kanalnetzmodell	27
3.4.2. Oberflächenmodell des Einzugsgebiets	27
3.4.3. Landnutzung / Rauheiten / 2D-Bodenklasse	28
3.4.4. Gebäudeinformationen	29
3.4.5. Modellkopplung	30
3.4.6. Weitere Aufbereitung des DGM	31
3.5. Modellberechnungen	32
3.5.1. Niederschlagsbelastung im 2d-Modell	32
3.5.2. Modellkalibrierung	33
3.5.3. Sensitivitätsuntersuchung	35
3.6. Berechnungsergebnisse	36
3.6.1. Abflussbilanzen Kanalnetz	36
3.6.2. Beurteilung der berechneten Überflutungsflächen und -höhen	36
4. Überflutungsberechnung „Rurales Einzugsgebiet“	38
4.1. Grundlagen	38
4.2. Betrachtungsgebiet	38
4.3. Modell HYDRO_AS-2d	39
4.4. Modellerstellung 2d-Modell rurales Gebiet	40
4.4.1. Bearbeitungsgrenzen	40
4.4.2. Geländenetzen des Einzugsgebiets	40

4.4.3. Landnutzung / Rauheiten	40
4.4.4. Gebäudeinformationen	41
4.4.5. Flussschlauch	41
4.4.6. Weitere Aufbereitung des DGM für die Überschwemmungsberechnungen	43
4.5. Modellberechnungen	44
4.5.1. Niederschlagsbelastung im 2d-Modell	44
4.5.2. Modellkalibrierung	45
4.5.3. Sensitivitätsuntersuchung	49
4.5.4. Berechnungsergebnisse Ist-Zustand	49
4.5.5. Beispielhafte Untersuchungen Maßnahmen	50
4.5.5.1. Absenkung der Straße „Am Hofeteich“ in Spitzkunnerdsorf / Aufweitung Durchlass	50
4.5.5.2. Berücksichtigung der potentiellen Hochwasserrückhaltebecken	50
5. Literatur	52

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Video Radarregen
Anlage 2	Video EZG Meißen
Anlage 3	Video EZG Spitzkunnersdorf / Oderwitz
Anlage 4	Grundlegenden Daten und Berechnungsergebnisse (digital)
Anlage 5	Bericht, Pläne, Präsentation (digital)

Planverzeichnis

Übersichtskarte

Plan I- 1	Einzugsgebiet Meißen
Plan I- 2	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben

Rechennetzpläne

Plan IV- 1	Einzugsgebiet Meißen, linke Elbseite max. Wasserstände: Schluckvermögen Straßenabläufe „Standard“
Plan IV- 2	Einzugsgebiet Meißen, linke Elbseite max. Wasserstände: Schluckvermögen Straßenabläufe „50%“
Plan IV- 3	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben max. Wasserstände: Vorsättigung „normal“
Plan IV- 4	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben Fließgeschwindigkeiten: Vorsättigung „normal“
Plan IV- 5	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben max. Wasserstände: Vorsättigung „vollgesättigt“
Plan IV- 6	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben Fließgeschwindigkeiten: Vorsättigung „vollgesättigt“
Plan IV- 7	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben Differenzenplan max. Wasserstände: Vorsättigung „normal“ / „vollgesättigt“
Plan IV- 8	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben Differenzenplan max. Wasserstände: Rauheit „normal“ / „+15%“
Plan IV- 9	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben Differenzenplan max. Wasserstände: Rauheit „normal“ / „-15%“
Plan IV- 10	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben max. Wasserstände: Maßnahme 1 - Absenkung Straße
Plan IV- 11	Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Bach / Spitzberggraben max. Wasserstände: Maßnahme 2 - 2 HWRB

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Durch Sturzfluten können, insbesondere in urbanen Bereichen, Überflutungen mit großen Schäden verursacht werden. Zur Vorsorge gegen derartige Situationen ist es unabdingbar mögliche Gefährdungen zu kennen und zu analysieren.

Im Rahmen des INTERREG-Vorhaben RAINMAN sollen Untersuchungen der Auswirkungen von Sturzfluten für mehrere Pilotgebiete in Sachsen durchgeführt werden.

Die Untersuchungen sollen auf 3 Komplexitätsebenen durchgeführt werden.

Inhalt der vorliegenden Bearbeitung ist die 3. Komplexitätsebene, die hydraulischen Analysen für Teile des Stadtgebietes von Meißen als urbanes Einzugsgebiet und der Gemeinde Oderwitz als rurales Einzugsgebiet untersucht.

Das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung hat das Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH (itwh) am 16.08.2018 mit den erforderlichen Arbeiten beauftragt.

2. Radarregendaten

2.1. Grundlagen

Folgende Daten wurden für die Bearbeitung genutzt:

Tab. 2.1 Grundlagendaten

Bezeichnung	Übergabe durch / Ersteller	Übergabe (Datenstand)
Regen-Radar-Daten DX-Produkt Radar Dresden- Klotzsche	Deutscher Wetterdienst	11.09.2018 (25. - 28.05.2014; 12. - 15.05.2017)
Regenschreiberdaten		11.09.2018

Für die Regenereignisse wurden Radardaten aus dem C-Band-Radarverbundsystem des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für den Radarstandort Dresden als vollständige Tagessätze abgefragt. Der Standort befindet sich auf dem Flughafen Dresden-Klotzsche. Die Radardaten wurden als DX-Produkt vom DWD angefordert.

Bei den Radardaten im DX-Format handelt es sich um Radarrohdaten, die das unmittelbare Ergebnis der Radarsignalprozessierung sind. Das DX-Produkt ist die Datengrundlage, auf der der DWD weitere radarhydrometeorologische Produkte ableitet.

Die Radardaten liegen in Polarkoordinaten vor. Die Kenngrößen sind im Folgenden angegeben (Bild 2.1, Tab. 2.2).

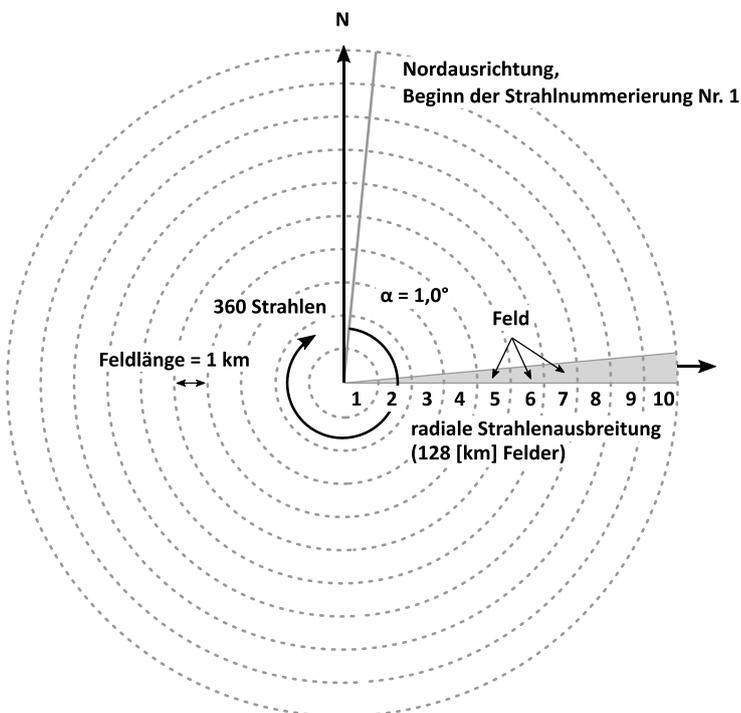


Bild 2.1 Darstellung der räumlichen Auflösung von Radarpolarkoordinaten

Tab. 2.2 Kenngrößen des DX-Produktes

Kenngröße	Wert
Frequenz	5,6 GHz (C-band)
Zeitliche Auflösung (Δt)	5 Minuten
Winkelschritt (azimutal)	1,0°
Reichweite	128 km/Felder
Feldlänge	1,0 km
Elevation	0,9° - 1,0°
Diskretisierung der Radarreflektivität	128 Klassen

2.2. Messung des Radarregens

Aufgrund der Anstellung der Antenne gegenüber der Horizontalen zur Vermeidung von Störechos sowie aufgrund des Einflusses der Erdkrümmung erfolgt die Radarmessung mit zunehmender Entfernung vom Radarstandort in steigender Höhe.

Unter Berücksichtigung der Entfernung Betrachtungsgebiet zu Radarstandort erfolgt die Radarregenmessung in verschiedenen Höhen (Tab. 2.3, Bild 2.2).

Tab. 2.3 Relevante Höhen der Radarmessung

Standort	Entfernung zum Radar [km]	Höhe der Messung [m]
Oderwitz/Spitzkunnersdorf	69	300 - 2800
Meißen	22	200 - 700

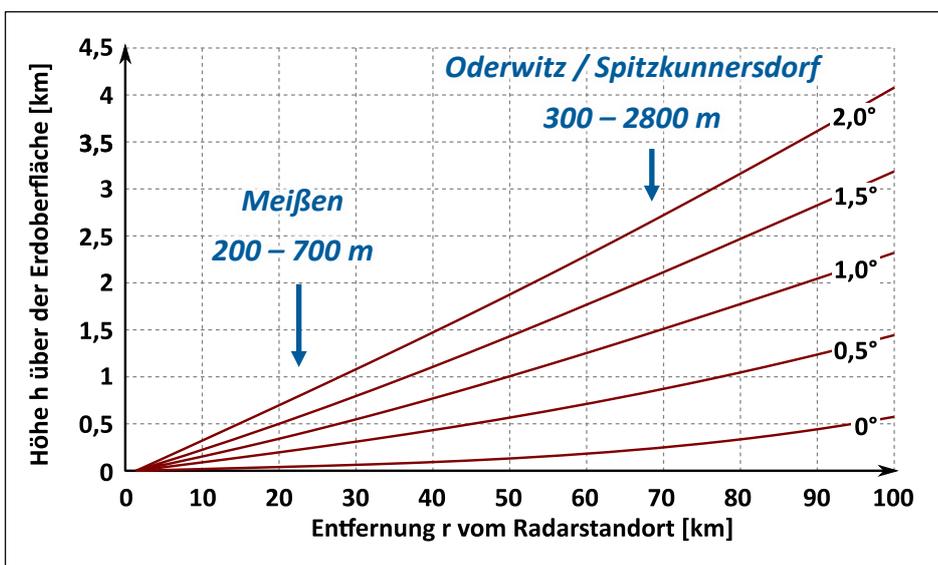


Bild 2.2 Elevation der Radarstrahlachse in Abhängigkeit vom Anstellwinkel des Radars und der idealisierten Krümmung der Erdoberfläche (Krämer, 2008)

2.3. Radardatenkorrektur

Die Radardaten müssen für die weitere Verwendung für siedlungswasserwirtschaftliche Aufgaben korrigiert werden, da Radarrohdaten das Regengeschehen systematisch unterschätzen.

Die Radardatenkorrektur beinhaltet die Korrektur physikalischer Einflüsse auf die Radarmessung. Dazu gehören folgende Korrekturschritte:

1. Störechobehandlung
2. Radomdämpfungskorrektur infolge Überregnung des Radarstandortes
3. Korrektur der streckenintegrierten Radarsignaldämpfung infolge von Regen
4. Umrechnung der Radarreflektivität in die Regenintensität (R-Z-Beziehung)

Die Radardatenkorrektur erfolgt mit dem Programm ZtoR [Krämer, 2008]. Wesentlicher Bestandteil der Korrektur ist die Bestimmung der R-Z-Beziehung.

2.4. R-Z-Beziehung

Die Umrechnung der Radarreflektivität (Z) in die Zielgröße Regenintensität (R) erfolgt unter Annahme des Modellansatzes nach Marshall und Palmer (1948):

$$R = c \cdot Z^d$$

Darin bestimmen die Koeffizienten c und d den Zusammenhang zwischen Reflektivität und Intensität. Für die Bestimmung der ereignistypischen charakteristischen R-Z-Beziehung werden Daten einer Tropfenspektrometermessung mittels linearer Regression ausgewertet oder Standardwerte (nach Marshall und Palmer) verwendet. Liegen keine Daten eines Distrometers vor, können auch Messwerte der Regenschreiber verwendet werden. Dazu ist es notwendig, die Eigenschaften des jeweiligen Ereignisses zu identifizieren.

Für die Untersuchung wurde für jedes Betrachtungsgebiet jeweils ein Ereignis mit unterschiedlicher Regencharakteristik vorgegeben. Für die Bestimmung der Ereignisse werden Regenschreiberstandorte aus dem Verbundnetz des DWD gewählt, für die die Messwerte übernommen werden. In Bild 2.3 und Bild 2.4 sowie Tab. 2.4 sind die aufgezeichneten Niederschlagsdaten der Regenschreiberstandorte dargestellt.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

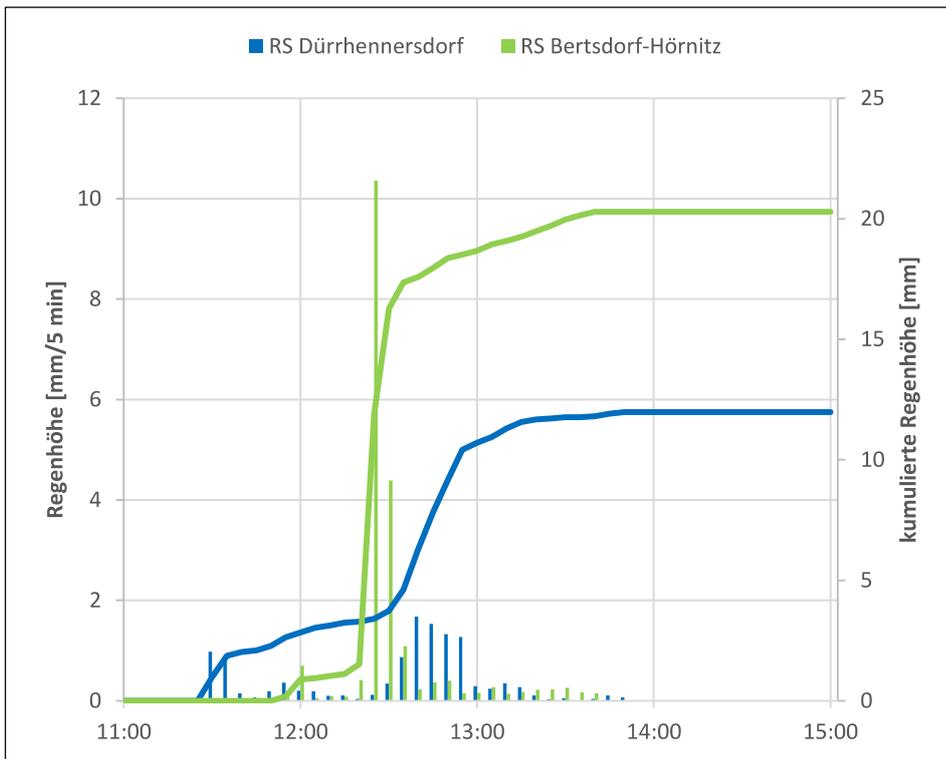


Bild 2.3 Ereignisauswertung DWD-Regenschreiber für den 14.05.2017

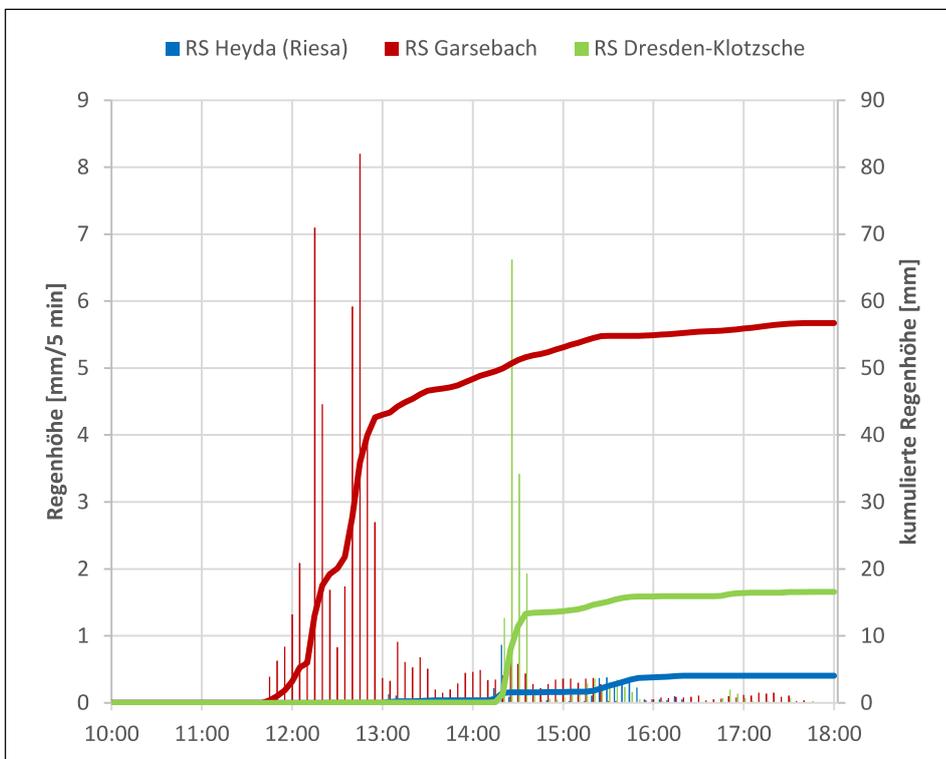


Bild 2.4 Ereignisauswertung DWD-Regenschreiber für den 27.05.2014

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

Tab. 2.4 Charakteristik der definierten Ereignisse

Betrachtungsgebiet	Regenschreiber	kum. Regensumme [mm]	Charakteristik
Oderwitz 14.05.2017	Ostritz	Kein Niederschlag	Stratiform
	Dürrhennersdorf	12,02	
	Bertsdorf-Hörnitz	20,29	
Meißen 27.05.2014	Heyda (Riesa)	10,23	Konvektiv mit stratiformen Strukturen
	Garsebach	57,43	
	Klotzsche	24,66	

Für die hier untersuchten Ereignisse sind die ermittelten charakteristischen R-Z-Beziehungen in Tab. 2.5 dokumentiert. Aufgrund der stark abweichenden Eigenschaften der Ereignisse werden im Hinblick auf die Intension der Aussage die Regenschreiberstandorte Garsebach und Bertsdorf-Hörnitz verwendet. Die Koeffizienten werden für die lineare R-Z-Beziehung ermittelt.

Tab. 2.5 Verwendete R-Z-Beziehungen

Ereignis	$R = c \cdot Z^d$
14.05.2014	$c = 0,0365$; $d = 0,625$ (Marshall und Palmer)
27.05.2017	$c = 0,298$; $d = 0,404$ (durch Regression)

Die lineare R-Z-Beziehung wird ereignis- und standortspezifisch auf Grundlage der logarithmierten Werte für die Regenintensität dBR in mm/h und die Reflektivität dBZ in mm^6/mm^3 bestimmt. Für die Regressionsberechnung werden nur Wertepaare von R und Z mit

$$Z \geq 10 \text{ dBZ} \cong 0,15 \text{ mm/h}$$

berücksichtigt. Dadurch wird sichergestellt, dass Wertepaare mit geringen Intensitäten im Rahmen der Regressionsberechnung nicht den Verlauf der R-Z-Beziehung für den Bereich urbanhydrologisch relevanter Regenintensität beeinflussen.

2.5. Validierung der Radardaten

Die Validierung der Radardaten und deren Korrektur erfolgt durch Vergleich mit Regenschreiberbeobachtungen. Im Rahmen von Radar - Regenschreibervergleichen ist grundsätzlich festzustellen, dass Abweichungen zwischen den Messungen zu erwarten sind, die auf folgende Ursachen zurückzuführen sind:

- Unterschiedliche Messvolumen: Die Radarmessung ist eine Volumenmessung, deren projizierte Grundfläche unter Annahme eines Öffnungswinkels des Radarstrahls von 1° und einer Feldlänge von 1,0 km in einer Entfernung von 20 km bereits mehr als $0,3 \text{ km}^2$ beträgt. Die Messfläche eines Regenschreibers beträgt lediglich 200 cm^2 . Die Radarmessung besitzt somit eine deutlich höhere räumliche Aussagekraft als die Regenschreiberbeobachtung.

- Fehler infolge der zeitlichen Auflösung der Radardaten: Die Radardaten haben im DX-Format eine zeitliche Auflösung von 5 Minuten; über diesen Zeitraum als konstant angenommen. Die tatsächliche Dauer der Radarmessung beträgt jedoch nur 30 Sekunden. Bei Regenstrukturen, die mit einer hohen Geschwindigkeit über den Regenschreiberstandort ziehen sowie bei Strukturen, die eine hohe Änderungsdynamik besitzen, ergeben sich entsprechende Abweichungen zwischen Radar- und Regenschreiberbeobachtung.
- Winddrifte aufgrund der Höhenmessung des Radars in mehreren hundert Meter Höhe
- Fehler der Regenschreibermessung infolge von
 - Standortbedingten Einflüssen
 - Gerätemessfehlern
 - Ereignisspezifischen Einflüssen

2.5.1. Ereignis vom 14.05.2017 (Oderwitz / Spitzkunnersdorf)

Am 14.05.2014 ist eine stratiforme Regenstruktur aus westlicher nach östlicher Richtung über den Raum Oderwitz gezogen. Der Regenschwerpunkt lag über den Ortslagen Leutersdorf / Spitzkunnersdorf zwischen 11:30 Uhr und 13:00 Uhr. Der Maximalwert der Radarauswertung gibt eine Regenhöhe von 60 mm im Bereich Weberstraße / Obere Zeile an (Bild 2.5).

Die Zeitreihe der Radar-Regenschreibervergleiche (Bild 2.6) zeigen eine qualitativ gute Übereinstimmung zwischen Radar- und Bodenbeobachtung und lassen auf die Eignung der korrigierten Radarregendaten für weitere Auswertungen und deren Verwendung für urbanhydrologische Aufgaben schließen.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

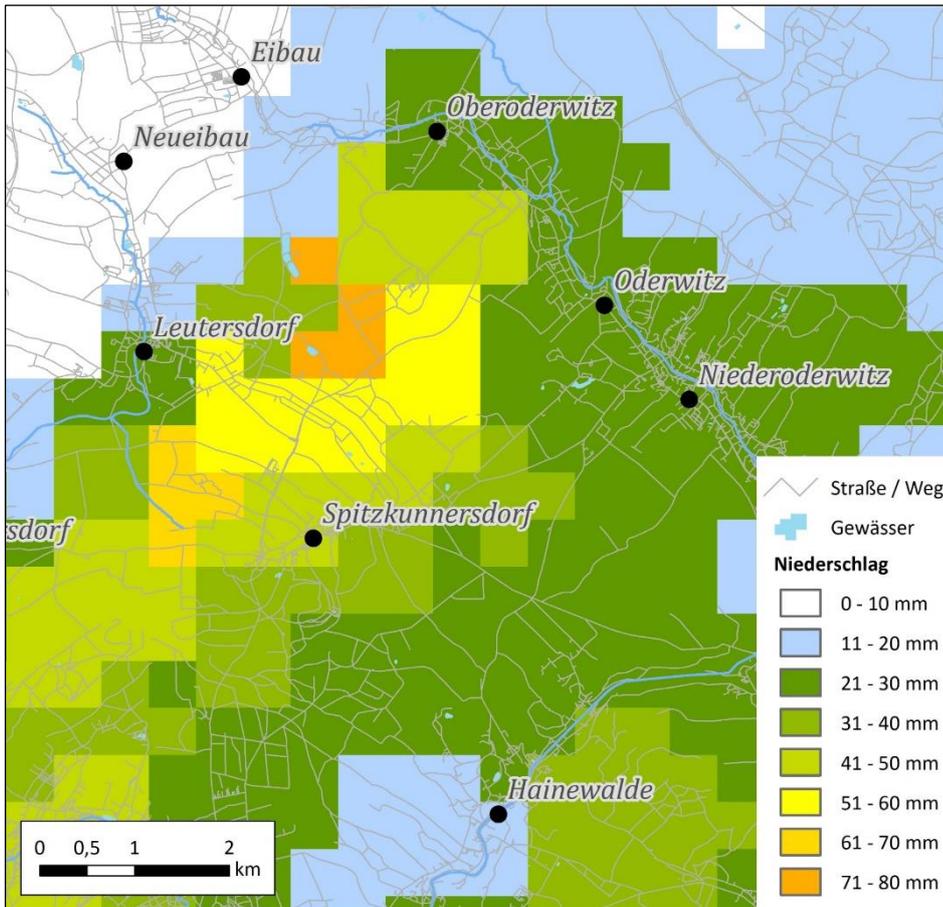


Bild 2.5 Kumulierte Regenhöhen im Bereich Oderwitz / Spitzkunnersdorf

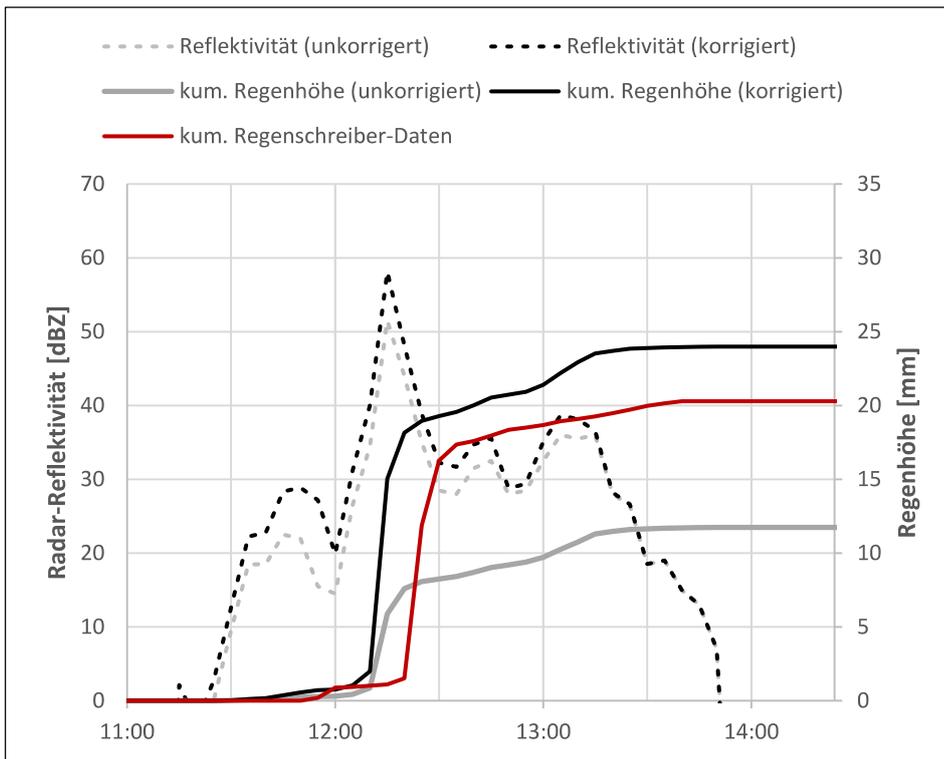


Bild 2.6 Stationsvergleich für Regenschreiber Bertsdorf-Hörnitz

2.5.2. Ereignis vom 27.05.2014 Raum Meißen

Am 27.05.2014 ist eine lokale konvektive Regenstruktur aus westlicher Richtung in Richtung Osten über den Raum Meißen gezogen. Regenschwerpunkt war das südliche Stadtgebiet Meißen im Zeitraum zwischen 11:30 Uhr und 15:30 Uhr. Der Maximalwert der Radarauswertung zeigt eine Regenhöhe von 85 mm im Bereich Talstraße / unterhalb Kaufland (Bild 2.7).

Die Zeitreihe der Radar-Regenschreibervergleiche (Bild 2.8) zeigen eine qualitativ gute Übereinstimmung zwischen Radar- und Bodenbeobachtung und lassen auf die Eignung der korrigierten Radarregendaten für weitere Auswertungen und deren Verwendung für urbanhydrologische Aufgaben schließen.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

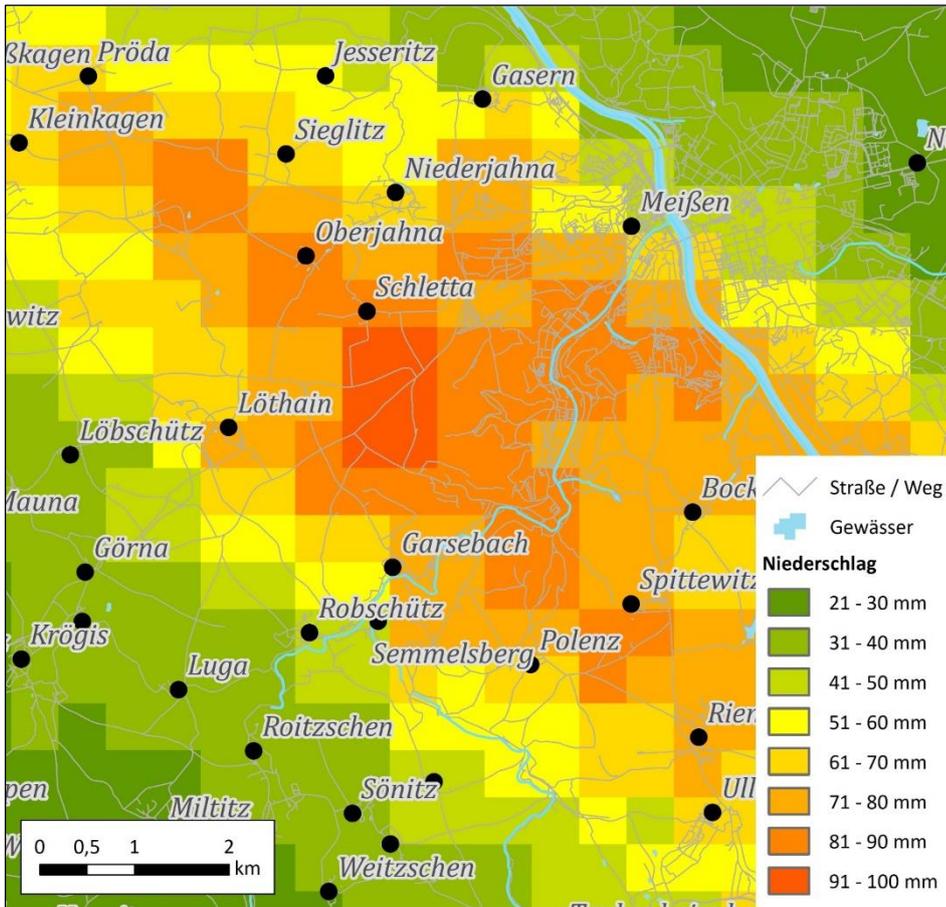


Bild 2.7 Kumulierte Regenhöhen im Bereich Meißen

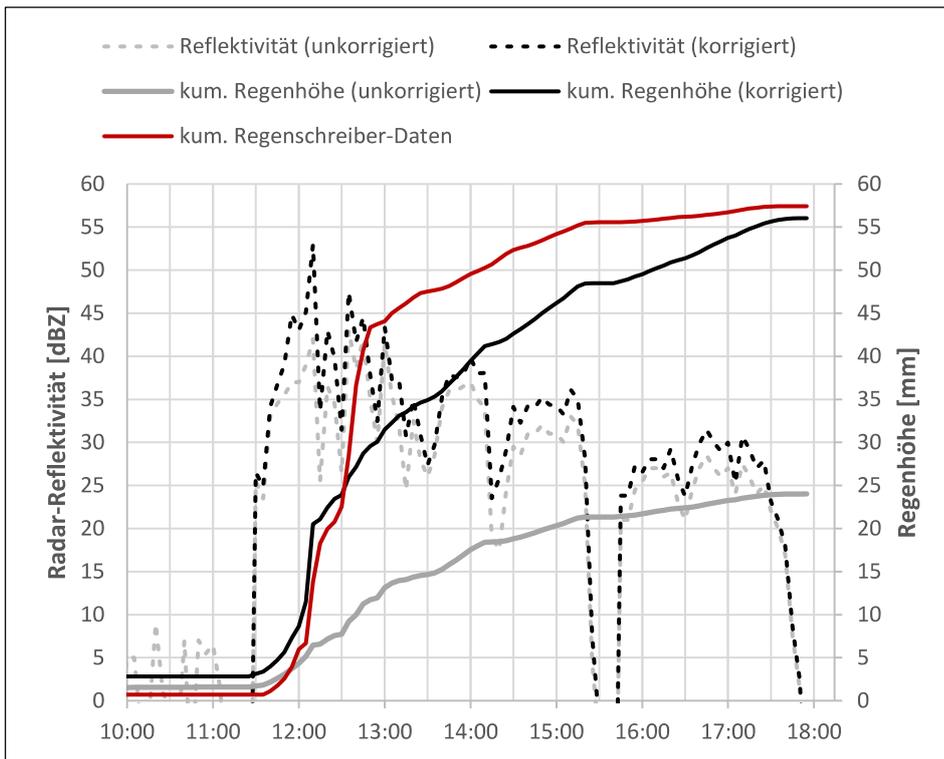


Bild 2.8 Stationsvergleich für Regenschreiber Garsebach

2.5.3. Statistische Einordnung der Ereignisse

Die statistische Einordnung der Wiederkehrzeit der Regenereignisse der betrachteten Zeiträume erfolgt durch einen Vergleich der Niederschlagssummen aus Radardaten mit den Angaben des aktuellen KOSTRA-DWD-2010R-Atlas für verschiedene Dauerstufen (Tab. 2.6). Es werden die Angaben des KOSTRA-DWD-2010R Rasterfeldes genutzt, in dem sich das jeweilige Betrachtungsgebiet befindet.

Tab. 2.6 Ergebnisse statistische Einordnung

	max. Niederschlagshöhe [mm]	Max. Wieder- kehrzeit T [a]	Dauerstufen der max. Wiederkehrzeit [min]
Ereignis 14.05.2017 Spitzkunnersdorf	58,07	> 100	30, 45, 60, 90
Ereignis 27.05.2014 Meißen	79,58	> 100	10, 30, 45, 60, 90, 120, 180

Zusätzlich zu der Einordnung des Ereignisses nach KOSTRA-DWD-2010R erfolgt eine Bewertung des Ereignisses gemäß dem Starkregenindex (SRI) nach Schmitt et al. (2018). Der Starkregenindex wird ortsbezogen in Abhängigkeit der Wiederkehrzeit ermittelt. Er ist eingeteilt in 12 Stufen, die in vier Starkregenkategorien zusammengefasst werden (Bild 2.9).

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

Wiederkehrzeit T_n [a]	1	2	3,3	5	10	20	25	33,3	50	100	> 100				
Kategorie	Starkregen				intensiver Starkregen			außergewöhnlicher Starkregen		extremer Starkregen					
Starkregenindex SRI [-]	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Bild 2.9 Bewertungskategorien Starkregenindex

Die Einordnung für Spitzkunnersdorf / Oderwitz und Meißen ist in den folgenden Bildern dargestellt (Bild 2.10 bis Bild 2.13).

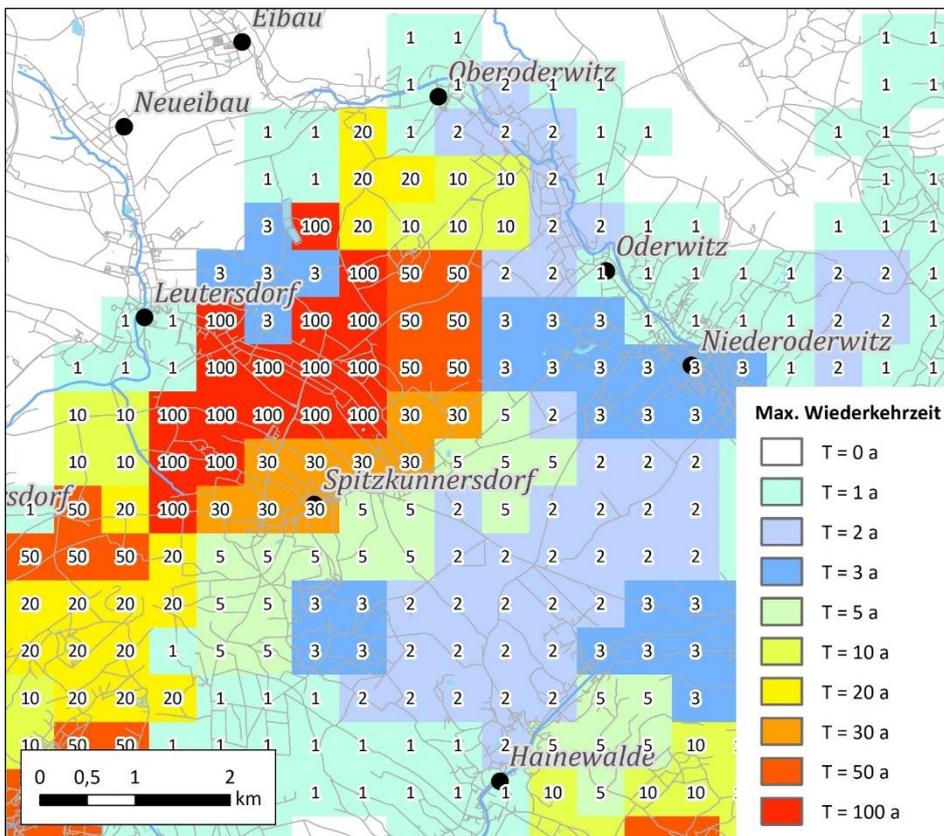


Bild 2.10 Max. Wiederkehrzeiten Ereignis 14.05.2017 Spitzkunnersdorf / Oderwitz

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

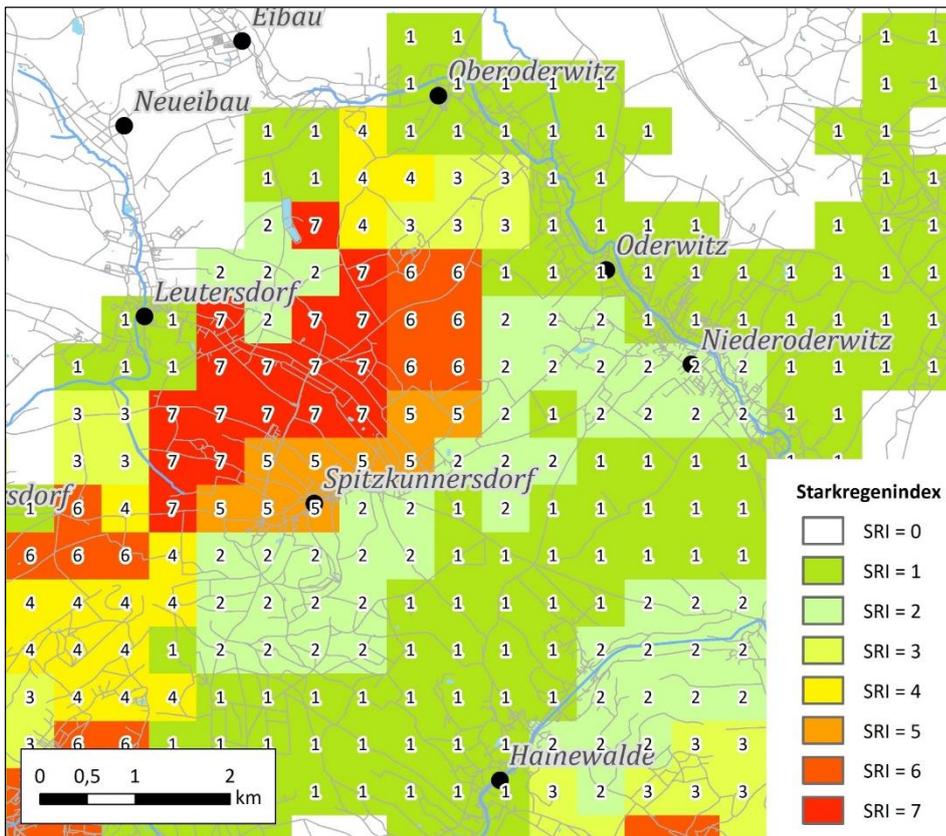


Bild 2.11 Starkregenindex Ereignis 14.05.2017 Spitzkunnersdorf / Oderwitz

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

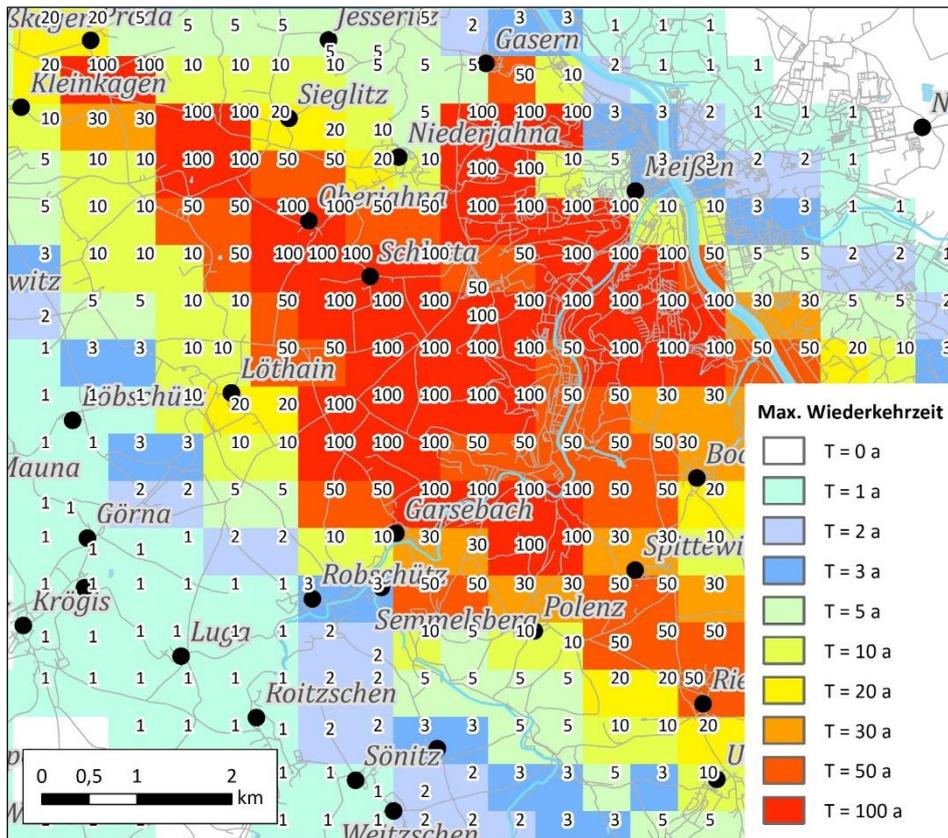


Bild 2.12 Max. Wiederkehrzeiten Ereignis 27.05.2014 Bereich Meißen

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

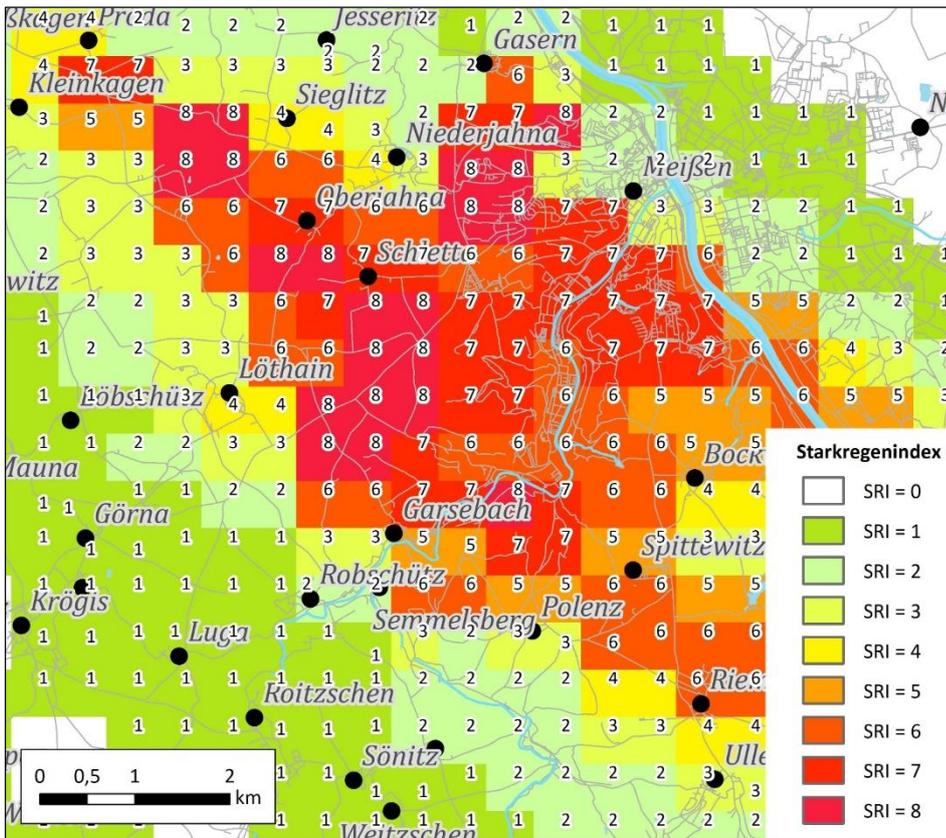


Bild 2.13 Starkregenindex Ereignis 27.05.2014 Bereich Meißen

3. Überflutungsberechnung „Urbanes Einzugsgebiet“

3.1. Grundlagendaten

Als Datengrundlage zur Bearbeitung dienen folgende Daten:

Tab. 3.1 Grundlagendaten

Bezeichnung	Übergabe durch / Ersteller	Übergabe (Datenstand)
ATKIS-Basis-DLM	IÖR / -	30.08.2018 (-)
Digitales Gelände-Modell 2 x 2 m	IÖR / Staatsbetrieb	30.08.2018 (2008 / 2012)
Klassifizierte Primärdaten der Laserscanner-Messaufnahme	Geobasisinformation und Vermessung Sachsen	30.08.2018 (2008 - 2012)
Kanalnetzdaten der Stadt Meißen	ACI - Aquaproject Consult Ingenieurgesellschaft mbH	08.10.2018 (-)
Stadtgrundkarte der Stadt Meißen	IÖR / -	08.11.2018 (-)
Ereignisdokumentation <i>für das Ereignisse am 27.05.2014 in Meißen</i>	IÖR	30.08.2018 (-)
Gewässernetz in Sachsen	- / LfULG	30.08.2018 (-)
Gewässereinzugsgebiete in Sachsen	- / LfULG	30.08.2018 (-)

3.2. Betrachtungsgebiet

Das Betrachtungsgebiet umfasst das linkselbische Gebiet von Meißen (Bild 3.1).

In dem darin enthaltenen Einzugsgebiet der Triebisch wurden durch das Starkregenereignis vom 27.05.2014 erhebliche Schäden verursacht.

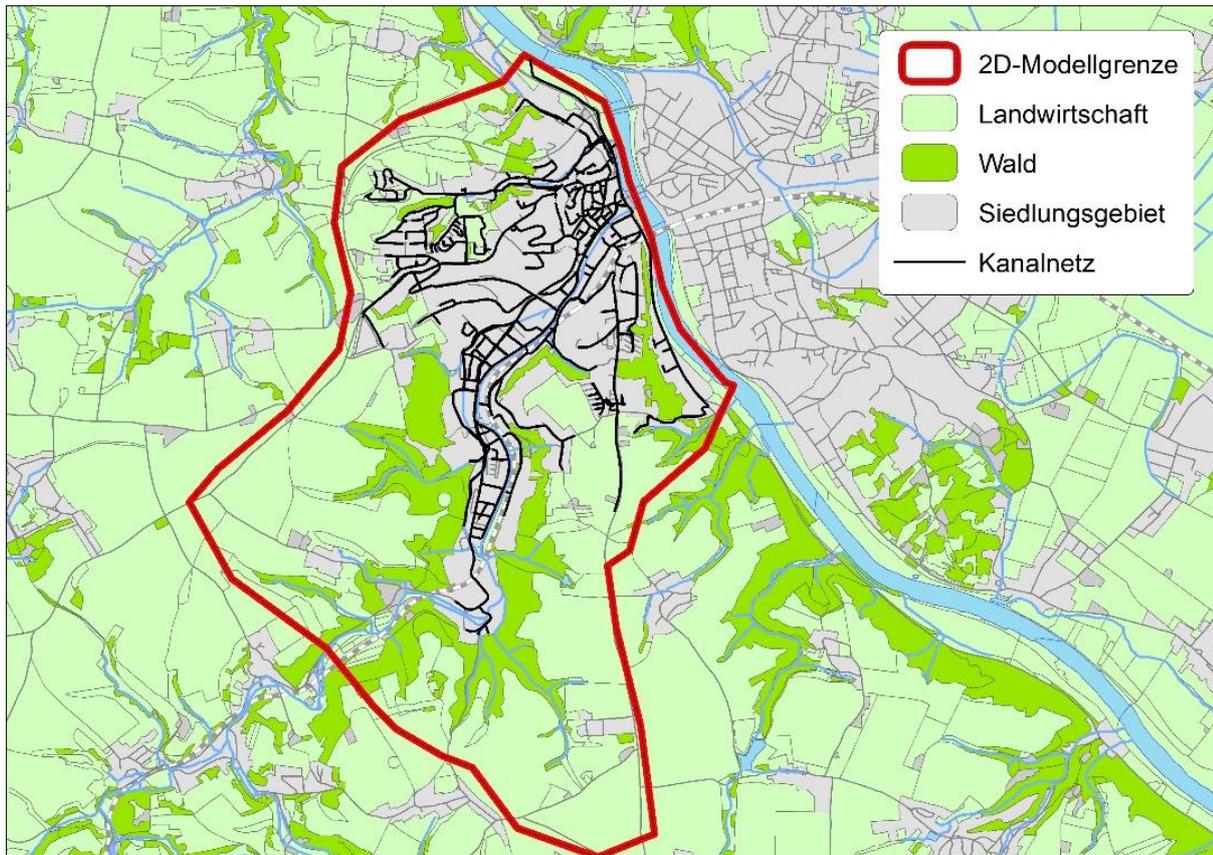


Bild 3.1 Betrachtungsgebiet Meißen (linkselbisch)

3.3. Modellkonzept - HYSTEM-EXTRAN 2D

Der Urbane Bereich innerhalb des Betrachtungsgebietes wird überwiegend über ein Kanalisationsnetz entwässert. Das natürliche hydrologische Einzugsgebiet des Betrachtungsgebietes schließt sich an dieses an. Es sind derzeit weitestgehend unbebaute Flächen, welche z.T. landwirtschaftlich genutzt werden und zu großen Teilen aus Wald- und Brachflächen bestehen. Durch die topografische Situation im Gebiet, die starke Geländeneigung und z.T. schlechten Versickerungseigenschaften der Böden ist mit wild abfließendem Wasser aus den nicht kanalisierten Flächen zu rechnen.

Gemäß § 2 Abs. 2 Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) ist „wild abfließendes Wasser [...] das auf einem Grundstück entspringende oder sich natürlich sammelnde Wasser, das außerhalb eines Bettes dem natürlichen Gefälle folgend abfließt.“

Um die daraus entstehenden Gefährdungen detailliert beschreiben zu können, ist die Ermittlung der Abflüsse aus dem oberhalb gelegenen Einzugsgebiet im Zusammenhang mit dem kanalisierten Bereich erforderlich. Um eine derart komplexe Abflusssituation wie bei dem Starkregenereignis vom 27.05.2014 sachgerecht nachzubilden, wird ein detailliertes Oberflächenabflussmodell in Kombination mit Kanalnetzmodellen in einem bidirektional gekoppelten System („dual drainage modeling“) verwendet. Damit wird ein realitätsnahes Modell für das Überstauverhalten des Kanalnetzes geschaffen, mit welchem auch eine höhere Genauigkeit der Berechnungsergebnisse der Kanalnetzrechnung erzielt werden kann.

Im Unterschied zur konventionellen Kanalnetzrechnung wird der Wasserstand auf der Geländeoberfläche bei der Berechnung des Kanalabflusses berücksichtigt. In das Kanalnetz zurückfließendes Überstauwasser

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

wird nicht notwendigerweise am gleichen Schacht zurückgespeist, sondern an jenen Stellen (i.d.R. Straßenabläufe), wohin es aufgrund der topographischen Verhältnisse und hydrodynamischen Prozesse hinfließt (Bild 3.2).

Damit können Wassertiefen, der zeitliche Verlauf (z.B. in Hinblick auf die Überflutungsdauer) und Fließgeschwindigkeiten ermittelt werden. Diese Informationen können für detaillierte Risikobetrachtungen, beispielsweise in Form einer monetären Abschätzung von möglichen Schäden, verwendet werden.

Die Simulationen werden mit dem Programmpaket Hystem-Extran 2D durchgeführt. Als grafische Oberfläche wird das Programm FOG-2D (Applikation von ArcMap) genutzt.

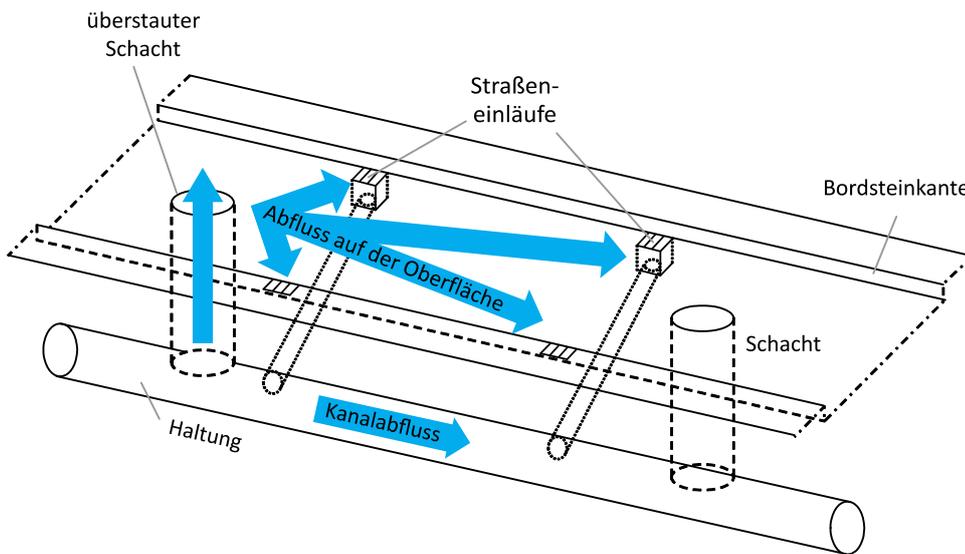


Bild 3.2 HYSTEM-EXTRAN 2D Prinzipskizze

3.4. Modellerstellung

3.4.1. Kanalnetzmodell

Für das zu betrachtende Einzugsgebiet liegen die Kanalnetzdaten der Stadt Meißen als Kanalnetzmodell Hystem-Extran vor. Die Daten werden übernommen, es erfolgt keine weitere Prüfung und Korrektur der Grundlagendaten.

3.4.2. Oberflächenmodell des Einzugsgebiets

Eine wesentliche Ausgangsgröße für die Erstellung des Oberflächenmodells stellt das Geländere Relief dar. Die Erfassung der Morphologie des Entwässerungsgebietes ist ein wesentlicher Arbeitsschritt bei der Erarbeitung der Grunddaten. Für die Modellerstellung werden ausschließlich die Laserscandaten des Standortes genutzt, die, entsprechend der Genauigkeit und Auflösung der vorhandenen Höhendaten, die Gefälleverhältnisse sowie die klein- und großräumige Topographie widerspiegeln.

Dieses für die Abflussmodellierung verwendete Oberflächenmodell ist ein Dreieckszellenmodell räumlich variabler Zellengrößen, das in jeder Zelle die topographische Höhe und die Bodenparametrisierung enthält.



Bild 3.3 Prinzip Modellaufbau HYSTEM-EXTRAN 2d

Eine Verfeinerung der Oberflächenmodellerstellung aufgrund der Laserscandaten erfolgt mittels Bruchkanten (siehe 3.4.6). Es wird eine Gebietsgrenze für die 2D-Modellberechnung festgelegt. Grundlage für die Festlegung ist eine Einzugsgebietsberechnung der Triebisch mittels DGM-Analyse im linkselbischen Siedlungsbereich Meißens. Die potentiell in das Kanalnetzmodell abfließenden Außeneinzugsgebiete werden in der 2D-Oberflächenmodellgrenze berücksichtigt. Fehlende unbefestigte Flächen werden aufgefüllt.

Gebäudeflächen, bei denen davon auszugehen ist, dass diese über Fallrohre und Grundstücksentwässerungsanlagen direkt an das Kanalnetz angeschlossen sind, werden mit dem hydrologischen Modellbaustein Hystem berechnet (siehe 3.4.5). Für alle anderen Flächen erfolgt die Abflussbildung und -konzentration mittels Oberflächenmodell und / oder über die Modellkopplung (siehe 3.4.7). Die verschiedenen Flächentypen werden in unterschiedliche 2D-Bodenklassen separiert und parametrisiert (siehe 3.4.3 und 3.5.1).

3.4.3. Landnutzung / Rauheiten / 2D-Bodenklasse

Aus den Angaben zur Landnutzung in den Daten des ATKIS-Basis-DLM und Vergleich mit den Flächendaten des Kanalnetzmodells werden Kategorien für die Rauheit der Oberfläche angesetzt. Die Manning-Strickler-Beiwerte werden gemäß den Standardparametern aus FOG-2D abgeleitet. Die Manning-Strickler-Beiwerte werden den jeweiligen 2D-Bodenklassen zugeordnet und den Flächentypen zugewiesen (Tab. 3.2 und Bild 3.4).

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

Tab. 3.2 Oberflächenrauheiten des 2d-Modells

Bodenklasse (Bezeichnung nach ATKIS-Basis-DLM)	Manning-Strickler-Wert der Oberflächenrauheit [$m^{1/3}/s$]
Bahngelände	35
Gehölz	15
Landwirtschaft	14
Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	20
Stehendes Gewässer	30
Straßenverkehr	70
Unland, Vegetationslose Fläche	28
Wald	10
Wohnbaufläche (Siedlungsgebiet)	18

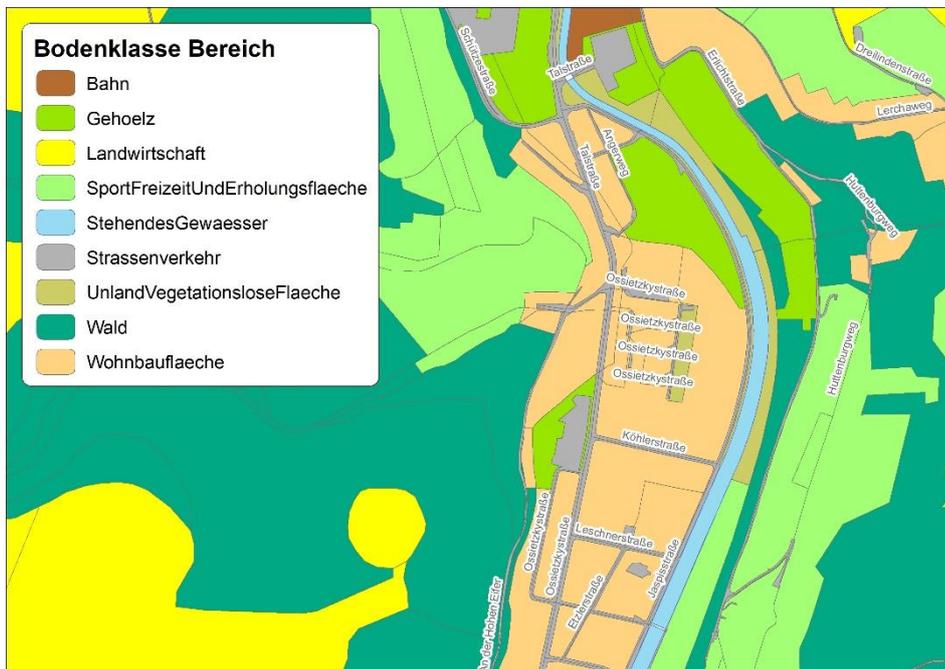


Bild 3.4 Modellausschnitt: Berücksichtigung der Bodenklassen.

3.4.4. Gebäudeinformationen

Die Gebäudeinformationen sind im Kanalnetzmodell der Stadt Meißen vorhanden. Gebäude, die an das Kanalnetz angeschlossen sind, verbleiben mit den vorhandenen Abflussparametern am Kanalnetzmodell und werden als unüberströmbare Elemente angesetzt.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

Zusätzlich werden Gebäude im Außenbereich, die nicht an das Kanalnetz angeschlossen sind, als befestigte Fläche bei der Oberflächensimulation berücksichtigt (Bild 3.5).

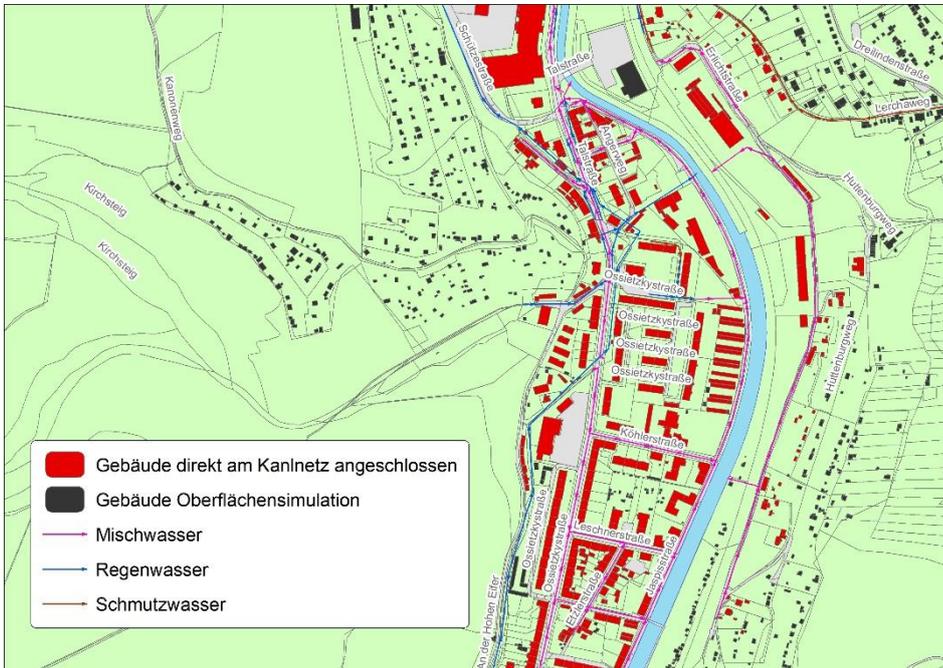


Bild 3.5 Modellausschnitt: Berücksichtigung der Gebäudeinformation.

3.4.5. Modellkopplung

Zur Kopplung des Kanalnetzmodells und des Oberflächenmodells werden Lüftungsschächte und Straßenabläufe genutzt. Damit können die Abflüsse, je nach hydraulischer Situation, bidirektional aus dem Kanal an die Oberfläche und von der Oberfläche in den Kanal berechnet werden (siehe Bild 3.2).

Der Anschlusschacht gibt vor, an welchem Schacht das am Straßenablauf gesammelte Wasser weitergeleitet wird. Über das Schluckvermögen ist die Aufnahme von Wasser auf der Oberfläche durch den Straßenablauf limitiert. Die Ermittlung der beteiligten Zellen im 2D-Modell, die dem Straßenablauf zufließen, erfolgt über deren Position und die errechnete Fläche des Oberflächenmodells.

Die Straßenabläufe wurden aus der Stadtgrundkarte übernommen und werden den Anschlusschächten über eine Entfernungsanalyse zugeordnet. Dabei erhalten nur die Straßenabläufe ein Schluckvermögen.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

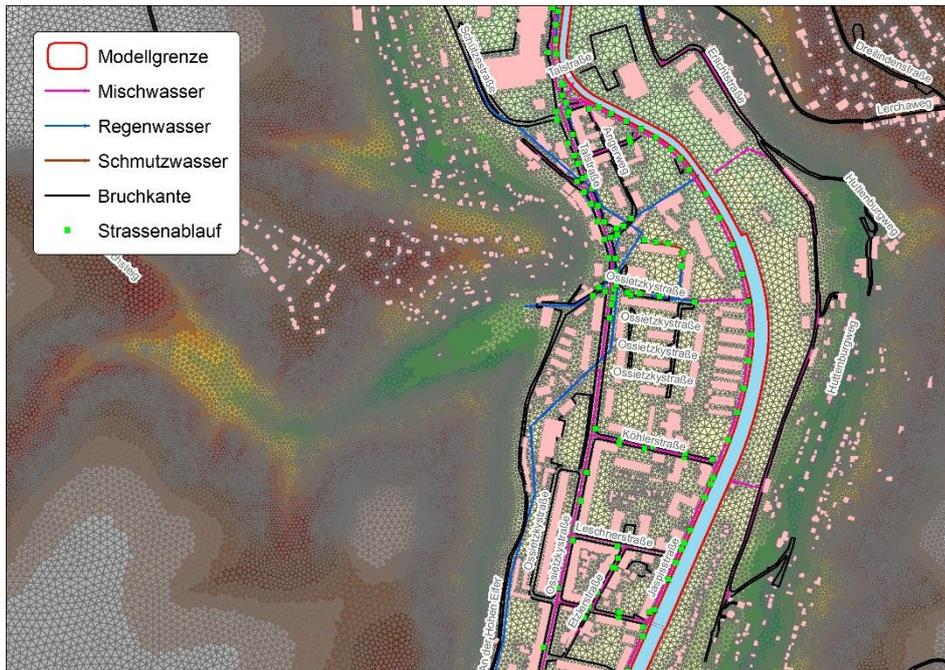


Bild 3.7 Modellausschnitt: Berechnungsmodell Hystem-Extran 2d.

3.5. Modellberechnungen

3.5.1. Niederschlagsbelastung im 2d-Modell

Die zeitliche und räumliche Verteilung des lokalen Starkregenereignisses wird von den vorhandenen Regenschreibern nicht oder nur unzureichend erfasst. Als Belastungsgröße für das Kanalnetzmodell Hystem-Extran 2d dienen aus diesem Grund die aufbereiteten Niederschlagsdaten auf Grundlage von Radardaten (Kapitel 2). Entsprechend der räumlichen Nähe des Radars Dresden können Regeninformationen im Raumbezug von 0,25 km² für das Stadtgebiet erreicht werden.

Für die Berechnung der Abflussbildung werden die folgenden, differenzierten Parameter genutzt.

Tab. 3.3 Verwendete Abflussbildungsparameter Hystem-Extran 2d.

Abflussparameter	Flächenart	Bodenklasse	Anfangsabflussbeiwert	Endabflussbeiwert	Benetzungsverluste	Muldenverluste
Gebäude	Befestigt	-	25	100	0,7	1,5
Straßen	Befestigt	-	95	100	0,3	1
Wald	unbefestigt	LehmLoess	0	100	5	8
Landwirtschaft	unbefestigt	LehmLoess	0	100	3	5
Siedlung	unbefestigt	LehmLoess	0	100	1	3
Freizeit	unbefestigt	LehmLoess	0	100	2	4

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

3.5.2. Modellkalibrierung

Nach Erstellung des Modells erfolgt die instationäre Strömungsberechnung für den abgestimmten Lastfall. Für den berechneten Starkregen werden Überschwemmungsflächen und -höhen dargestellt. Dazu wird das digitale Höhenmodell der berechneten Wasseroberflächen erstellt und mit im Geländemodell dargestellt.

Diese Informationen werden den gemessenen oder beobachteten Informationen gegenübergestellt.

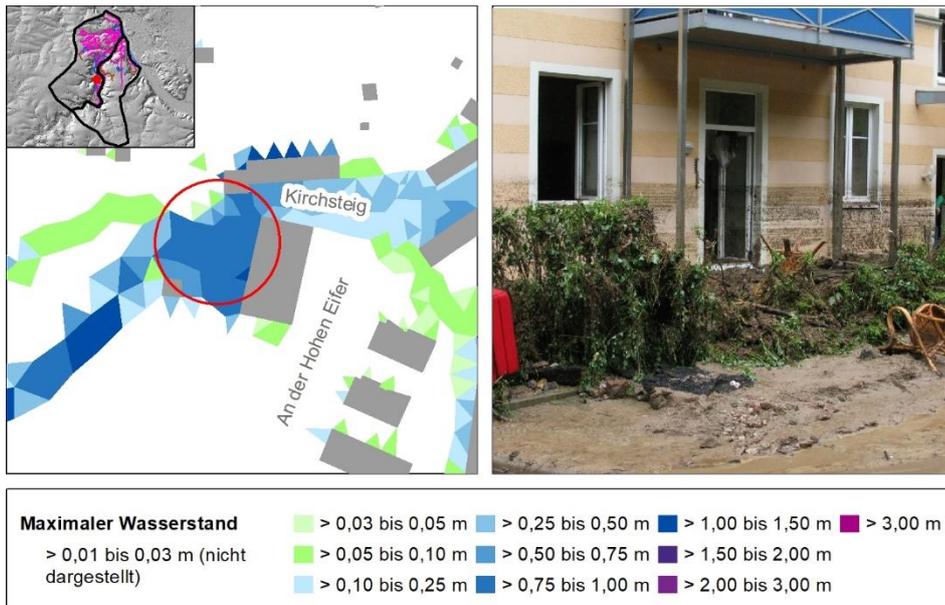


Bild 3.8 Vergleich der Überschwemmungsflächen (simuliert und beobachtet) in Meißen für das Ereignis am 27.05.2014 - Bereich Kirchsteig / An der Hohen Eifer.

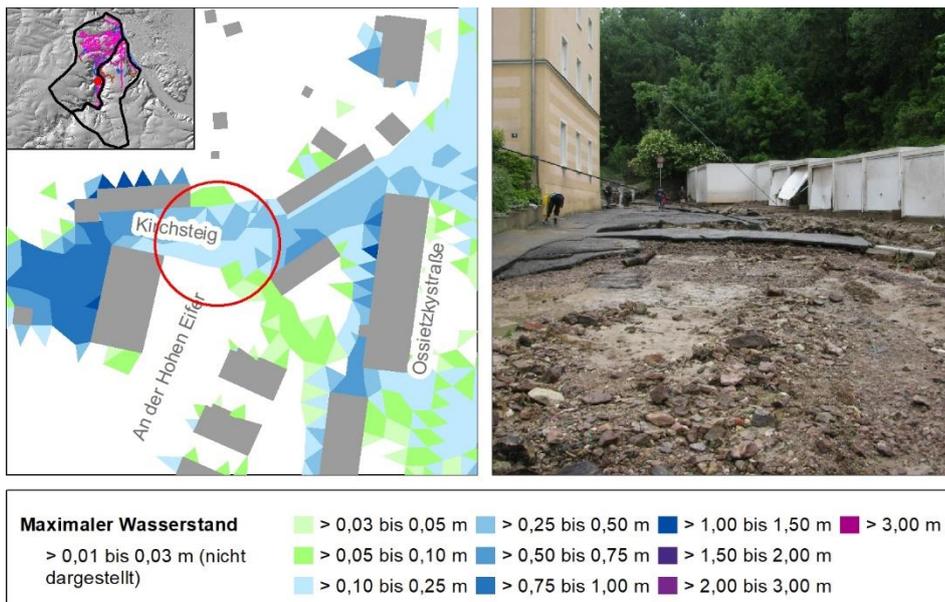


Bild 3.9 Vergleich der Überschwemmungsflächen (simuliert und beobachtet) in Meißen für das Ereignis am 27.05.2014 - Bereich Kirchsteig.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

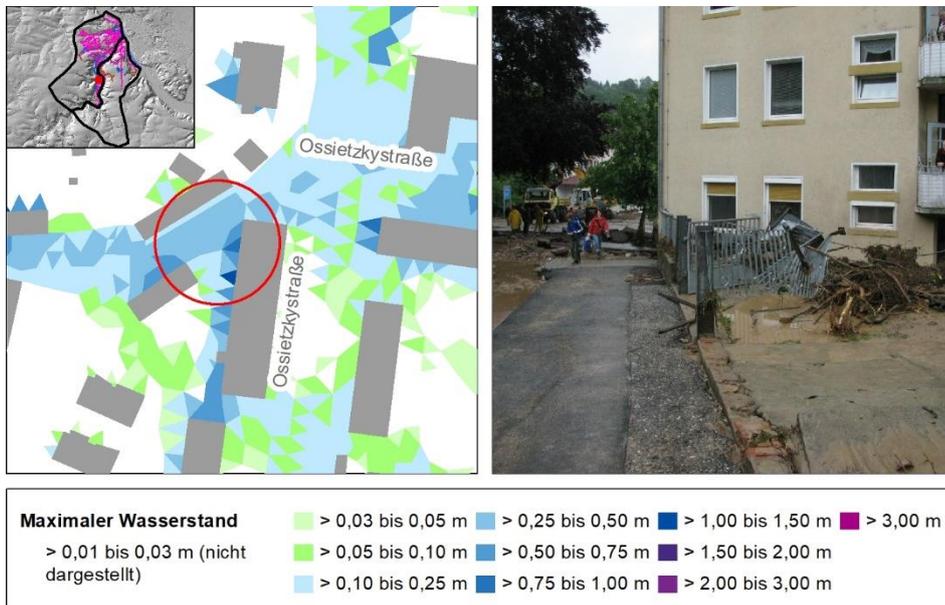


Bild 3.10 Vergleich der Überschwemmungsflächen (simuliert und beobachtet) in Meißen für das Ereignis am 27.05.2014 - Bereich Ossietzkystraße.

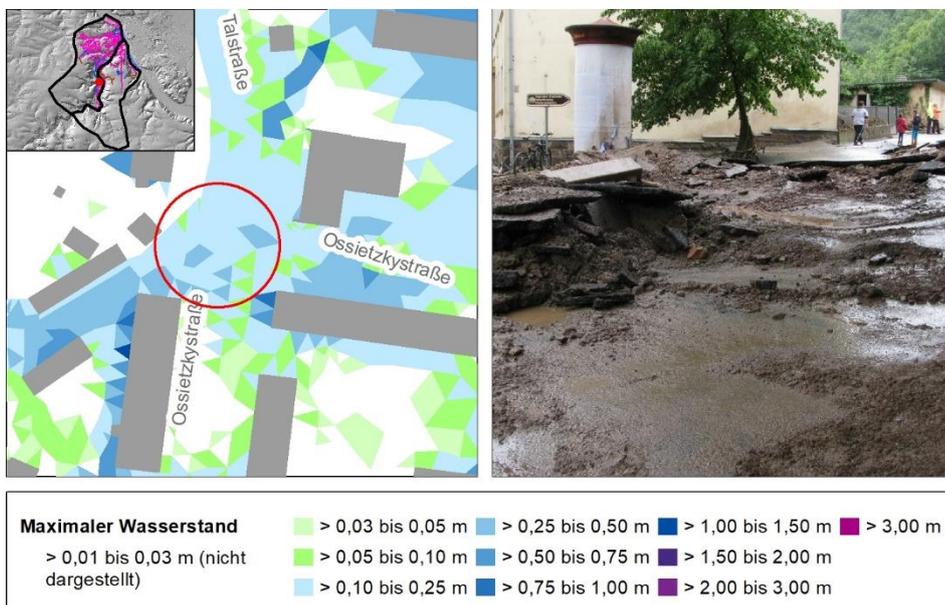


Bild 3.11 Vergleich der Überschwemmungsflächen (simuliert und beobachtet) in Meißen für das Ereignis am 27.05.2014 - Bereich Ossietzkystraße.

Anhand der Bilder 3.8 - 3.11 der Ereignisdokumentation und den darauf erkennbaren, abgeschätzten Wasserständen werden die Berechnungsergebnisse als sehr gut bewertet.

Punktuell können allerdings auch erhebliche Differenzen auftreten. Gründe dafür sind fehlende Strukturen, die nicht in den Daten des digitalen Geländemodells enthalten sind, wie z. B. Mauerdurchlässe,

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

Gebäudeeingänge, -durchgänge, -durchfahrten, Tiefgaragen oder Kellereingänge, infolge der Aufgabenstellung nicht aufgenommen und modelliert wurden. Dadurch kann es im Modell zum Aufstau oder Abfließen an solchen Strukturen kommen, die in der Realität nicht auftreten. Für detaillierte Analysen ist es allerdings möglich, auch derartige Strukturen auf Grundlage weiterer Informationen (z. B. terrestrische Vermessungen) zu ergänzen und zu berechnen.

Zum anderen wurden bei dem Abflussereignis hochdynamisch und im erheblichen Maße die Oberflächenstruktur (z. B. durch zerstörte Straßen und abgetragene / abgelagerte Sedimente) verändert. Dieses kann die Abflussprozesse deutlich verändern.

3.5.3. Sensitivitätsuntersuchung

Zur Kopplung des Kanalnetzmodells und des Oberflächenmodells werden Lüftungsschächte und Straßenabläufe genutzt. Über das Schluckvermögen ist die Aufnahme von Wasser auf der Oberfläche durch den Straßenablauf limitiert. Im Rahmen der Sensitivitätsuntersuchung wird aus diesem Grund untersucht, welchen Einfluss verschiedene Schluckvermögen der Straßeneinläufe haben:

- Schluckvermögen 20 l/s (Standardeinstellung)
- Schluckvermögen 10 l/s (50%)

Für diese Varianten erfolgt die instationäre Strömungsberechnung für den abgestimmten Lastfall. Die Überflutungsflächen, und -höhen werden jeweils für die Ereignisse als Pläne und als Animation dargestellt und bewertet.

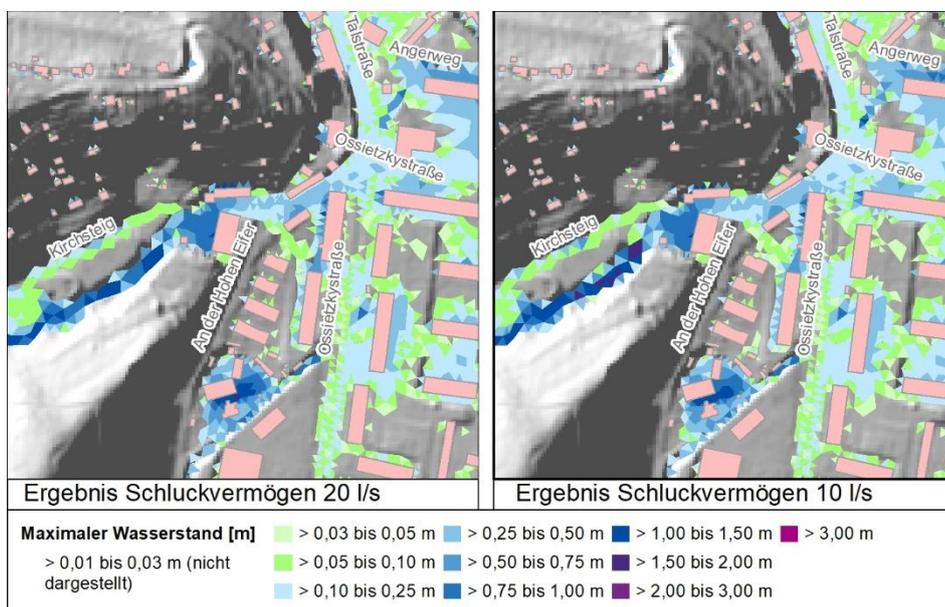


Bild 3.12 Modellausschnitt Vergleich der Überschwemmungsflächen für verschiedene Schluckvermögen für das Ereignis am 27.05.2014 - Bereich Ossietzkystraße.

Die Auswertung der Berechnungsergebnisse verschiedener Schluckvermögen zeigt, wie in Bild 3.12 beispielhaft dargestellt, nur geringe Differenzen bei den berechneten maximalen Wasserständen. Gründe dafür sind im speziellen Fall:

- der extreme Niederschlag mit einem hohen Abflussanteil
- der hohe Anteil an wild abfließendem Wasser aus dem Außengebiet

- flächendeckendes Versagen der Kanalisation (Überlastung)

Andere Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Niederschlagsereignissen geringerer Intensität und/oder Einzugsgebieten mit einem geringeren Anteil an Abflüssen aus Außengebieten, der Einfluss unterschiedlicher Schluckvermögen erhebliche Auswirkungen haben können.

3.6. Berechnungsergebnisse

3.6.1. Abflussbilanzen Kanalnetz

Für das berechnete Ereignis am 27.05.2014 werden die in Tab. 3.4 aufgeführten Abflüsse für das Kanalnetz bilanziert. Von den Gebäuden fließen ca. 39,7 Tm³ direkt in das Kanalnetz ab. Von sonstigen Oberflächen („wild abfließendes Wasser“) werden ca. 99,5 Tm³ bilanziert. Dieses Verhältnis zeigt deutlich, dass die Überflutungssituation bei dem Ereignis vornehmlich durch das „wild abfließendes Wasser“ verursacht werden.

Aufgrund der Abflussmengen und der berechneten Wasserstände ist davon auszugehen, dass der überwiegende Anteil des auf der Oberfläche abfließenden Wassers aufgrund von Überlastungen nicht in das Kanalnetz eingeleitet werden kann. Die Überlastung des Kanalnetzes (Überstau) ist mit 6,7 Tm³ der geringere Teil, kann aber aufgrund der Überstaubereiche in Gebäudenähe durchaus für das Schadensbild (insbesondere außerhalb der direkten Oberflächenfließwege) maßgeblich sein. Es ist anzunehmen, dass eine Überflutungsberechnung ohne eine bidirektionale Kopplung Oberfläche / Kanalnetz trotz der Dominanz des wild abfließenden Wassers ein weniger realitätsnahes Bild im Siedlungsbereich ergeben wird.

Tab. 3.5 Abflussbilanzen Kanalnetz für das Ereignis am 27.05.2014 (Schluckvermögen Standard).

Bilanzen	
Abfluss befestigte Fläche (Direktanschluss an das Kanalnetz)	39.724 m ³
Abfluss von Oberfläche an Kanalnetz (Indirekter Abfluss an das Kanalnetz)	99.471 m ³
Zufluss aus Kanalnetz an Oberfläche (Überstau, Überlastung des Kanalnetzes)	6.651 m ³

3.6.2. Beurteilung der berechneten Überflutungsflächen und -höhen

Die Überflutungsflächen und -höhen für das berechnete Ereignis am 27.05.2014 sind als Pläne (Plan IV- 1, Plan IV- 2) und als Animation dargestellt.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass durch den Niederschlag im Stadtgebiet erhebliche Flächen überflutet werden (siehe Tab. 3.6). Insgesamt werden 137 ha überflutete Flächen > 0,03 m bilanziert, davon 69 ha mit Wasserständen > 0,1m und 14 ha über 0,5m. Bei dem extremen Wasserstand > 3m handelt es sich allerdings um die Tunnelzufahrt der Bundesstraße 101. Da der Tunnel bei der Modellerstellung nicht nachgebildet wurde (es wurden ausschließlich die im Laserscan erfassten Höhendaten übernommen) ist dieser Wasserstand nicht realistisch.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

Tab. 3.6 Differenzierte Überflutungsflächen und -höhen für das berechnete Ereignis am 27.05.2014

Wasserstand auf der Oberflächen [h _{max}]	Summe der Fläche mit Wasserstand [ha]	Summe der Fläche in Bezug auf die Gesamtfläche [%]
> 0,01 bis 0,03 m (nicht dargestellt)	1.236,1	85,4
> 0,03 bis 0,05 m	33,2	2,3
> 0,05 bis 0,10 m	34,6	2,4
> 0,10 bis 0,25 m	36,4	2,5
> 0,25 bis 0,50 m	18,7	1,3
> 0,50 bis 0,75 m	6,1	0,4
> 0,75 bis 1,00 m	3,7	0,3
> 1,00 bis 1,50 m	2,6	0,2
> 1,50 bis 2,00 m	0,8	0,1
> 2,00 bis 3,00 m	0,5	0,0
> 3,00 m	0,3	0,0
Summe > 0,03 m	136,9	

In der Tabelle 3.7 sind im Betrachtungsgebiet vorhandene Gebäude und die von einem Wasserstand auf der Oberfläche betroffenen Gebäude aufgeführt. Insgesamt sind in den vorliegenden Geodaten 10.882 Gebäude vorhanden. Um Nebengebäude mit geringerem Schadenspotential auszuschließen, wurde eine Mindestgröße von 50 m² eingeführt, in dem Fall handelt es sich um 3.594 Gebäude.

Bei dem berechneten Ereignis sind 2.952 Gebäude > 50 m², entsprechend 82,1% durch den Oberflächenabfluss potentiell betroffen. Dabei kann es sich allerdings auch um geringe Wasserstände handeln, die nicht zwingend eine Gefährdung darstellen müssen.

Tab. 3.7 Betroffene Gebäude für das berechnete Ereignis am 27.05.2014

Gebäude	Gesamtanzahl	Davon betroffen	Prozentual im Betrachtungsgebiet [%]
alle	10.882	7.586	69,7
> 50m ²	3.594	2.952	82,1

Insgesamt zeigt sich für das berechnete Ereignis eine hohe Gefährdungslage im Stadtgebiet von Meißen. Dieses ist nach ersten Einschätzungen auf das von Außengebietsflächen abfließende „Wild abfließende Wasser“ aber auch auf das Versagen der Kanalisation zurückzuführen. Für eine ermittelte max. Wiederkehrzeit T > 100 Jahre ist dieses aber auch zu erwarten.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

Auch unter alleiniger Nutzung der allgemein verfügbaren Daten für die Modellerstellung zeigen die Berechnungsergebnisse die potentiellen Gefährdungsbereiche im Stadtgebiet deutlich. Auch weitere Ursachenanalysen (z. B. Fließwege, Versagen des Kanalnetzes, ...) sind möglich.

Für besondere Problemanalysen, insbesondere auch wenn Maßnahmen zum Hochwasserrisikomanagement abgeleitet werden sollen, wird allerdings empfohlen, das Oberflächenmodell bereichsweise mit weiteren Daten abflussleitender Strukturen zu konkretisieren.

4. Überflutungsberechnung „Rurales Einzugsgebiet“

4.1. Grundlagen

Als Datengrundlage zur Bearbeitung dienen folgende Daten:

Tab. 4.1 Grundlagedaten.

Bezeichnung	Übergabe durch / Ersteller	Übergabe (Datenstand)
ATKIS-Basis-DLM	IÖR / -	30.08.2018 (-)
Digitales Gelände-Modell 2 x 2 m	IÖR / Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen	30.08.2018 (2008 / 2012)
Pegeldaten Niederoderwitz	IÖR / Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	30.08.2018 (-)
Ereignisdokumentation <i>für das Ereignis am 14.05.2017 in Spitzkunnersdorf</i>	IÖR	30.08.2018 (-)
Bewertung des Hochwasserrisikos nach § 73 WHG mit Maßnahmenvorschlägen zum nachhaltigen Wiederaufbau der Gewässer- und Hochwasserinfrastrukturen (nWAP)	IÖR / IHB GmbH Ingenieurdienstleistungen GmbH NL Zittau	27.02.2019 11/2014
Hochwasserschutz Spitzkunnersdorf Umsetzung der nWAP- Maßnahme Hochwasserrückhaltebecken Färbegraben	IÖR / IWT Ing. Büro für Wasser- und Tiefbau KG Grimmsche Hauptstraße 62, 01768 Glashütte	06.03.2019 15.06.2017
Neubau Hochwasserrückhaltebecken Sportplatz in 02794 Leutersdorf OT Spitzkunnersdorf, Landkreis Görlitz	IÖR / IWT Ing. Büro für Wasser- und Tiefbau KG Grimmsche Hauptstraße 62, 01768 Glashütte	06.03.2019 24.01.2017

4.2. Betrachtungsgebiet

Betrachtungsgebiet ist das Einzugsgebiet des Spitzkunnersdorfer Baches, um die Ortslage Spitzkunnersdorf und westlich von Niederoderwitz (Bild 5.1). Das Einzugsgebiet befindet sich im Osten Sachsens zwischen den Städten Eibau und Zittau. Der Spitzkunnersdorfer Bach fließt zunächst durch die Ortslage Spitzkunnersdorf

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

und anschließend durch landwirtschaftlich geprägte Flächen in Richtung der Ortslage Niederkunnersdorf. Kurz oberstrom dieser mündet der Spitzberggraben. Nach Querung der Bahntrasse Bischofswerda - Zittau mündet der Spitzkunnersdorfer Bach in das Landwasser.

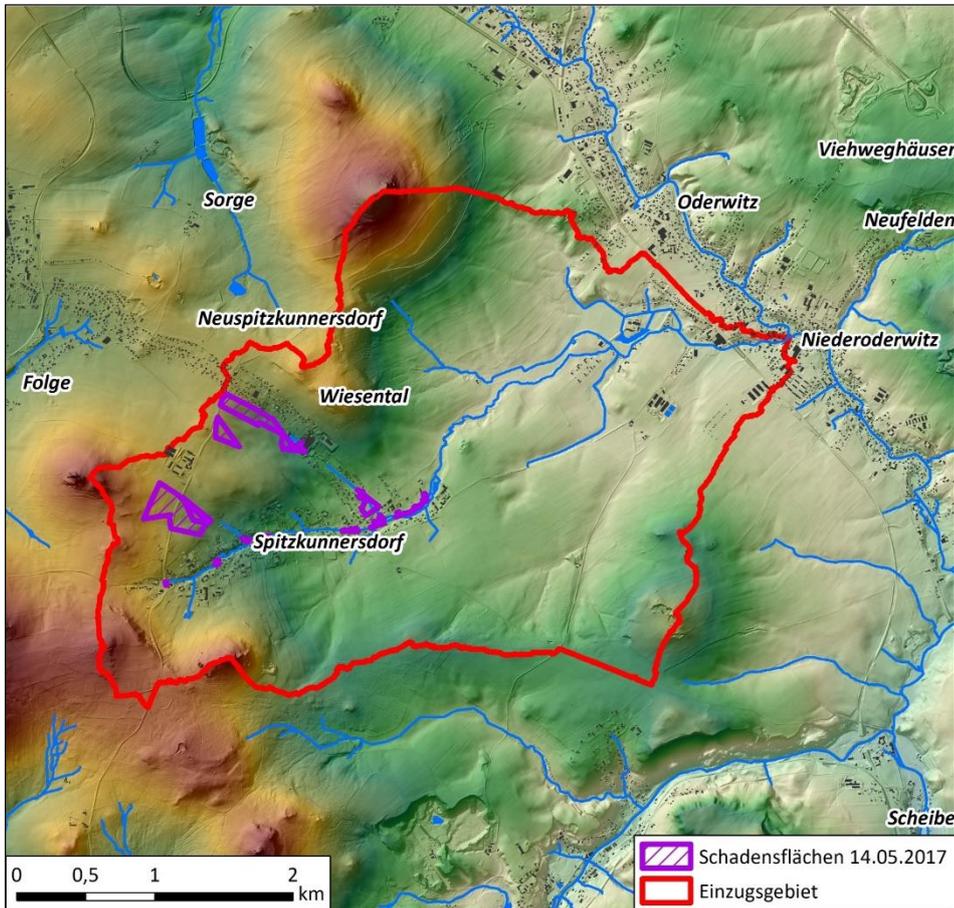


Bild 4.1 Einzugsgebiet Spitzkunnersdorfer Wasser.

4.3. Modell HYDRO_AS-2d

Die technischen Berechnungen werden mit dem zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Simulationsmodell HYDRO_AS-2d vorgenommen.

Zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Simulationsmodelle sind ein unentbehrliches Hilfsmittel für verschiedene wasserwirtschaftliche Untersuchungen im Bereich natürlicher Fließgewässer. Deren Einsatz ist sehr vielfältig und erstreckt sich von der Berechnung der Flut- und Dammbrechwellenausbreitung über die Strömungs- und Abflusssimulationen bei Hoch- aber auch Niedrigwasser bis hin zur Berechnung des Sediment- und des Schadstofftransportes. Die zweidimensionale Simulation soll in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung u. a. Aufschluss über folgende Punkte geben:

- Überschwemmungsgrenzen
- Überflutungsdauer
- Strömungsgeschwindigkeiten
- Wassertiefen

- Abflussaufteilung im Flussschlauch und in den Vorländern
- Retentionswirkung
- Sohlenschubspannungen

Das Strömungsmodell HYDRO_AS-2d wurde schwerpunktmäßig für die Berechnung von Dammbrech- und Flutwellenausbreitung entwickelt, kann jedoch genauso erfolgreich für die allgemeine zweidimensionale Strömungssimulation eingesetzt werden (Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Benutzerhandbuch zu HYDRO_AS-2d).

4.4. Modellerstellung 2d-Modell rurales Gebiet

4.4.1. Bearbeitungsgrenzen

Die Abgrenzung des Modellgebiets erfolgt anhand des natürlichen, oberflächigen Einzugsgebiets des Spitzkunnersdorfer Baches so, wie es sich aus den Daten des digitalen Geländemodells ergibt.

4.4.2. Geländenetz des Einzugsgebiets

Die Erstellung des Geländenetzes des Einzugsgebiets erfolgt aus den Daten eines digitalen Geländemodells (DGM). Das verwendete DGM hat einen gleichmäßigen Rasterabstand von 2 m x 2 m. Diese Eingangsdaten wurden durch TIN-Interpolationsverfahren aus den Laserscanner-Messaufnahmen erzeugt und enthalten verfahrensbedingte Ungenauigkeiten (Höhengenauigkeit $\pm 0,2$ m).

Für die 2d-Modellierung werden die Rasterpunkte des DGMS über ein Programm-Modul des 2d-Modells HYDRO_AS-2d ausgedünnt. Das Programm-Modul extrahiert Raster-Punkte in neu definiertem Abstand. Zudem werden Extrem-Punkte im Gelände sowie Punkte mit bedeutendem Gelände-Knick (Umbruch) extrahiert. Das Programm ermöglicht somit das Ausdünnen der Rasterdaten bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Charakteristik des Geländes. Die Parametrisierung erfolgt nach Empfehlungen der Modellentwickler mit anschließender visueller Beurteilung des Ergebnisses (Tab. 4.2).

Tab. 4.2 Parameter für die Rasterausdünnung.

Bezeichnung	Parameter
Grenzwinkel (Toleranzwinkel)	10°
Höhentoleranz Extrem-Punkt	0,05 m
Neue Rasterweite	10 m

Durch Triangulierung dieser Punktdaten wird ein Geländenetz erstellt, das im 2d-Modell als Vorland für den Flussschlauch dient (Bild 4.2).

4.4.3. Landnutzung / Rauheiten

Aus den Angaben zur Landnutzung in den Daten des ATKIS-Basis-DLM und Vergleich mit dem Luftbild werden Kategorien für die Rauheit der Oberfläche angesetzt. Die Manning-Strickler-Werte werden gemäß den Standardparametern aus dem Modell HYDRO_AS-2d verwendet (Tab. 4.3).

Tab. 4.3 Oberflächenrauheiten des 2d-Modells.

Bezeichnung nach ATKIS-Basis-DLM	Manning-Strickler-Wert der Oberflächenrauheit [$m^{1/3}/s$]
Fläche besondere funktionaler Prägung	18
Fläche gemischter Nutzung	18
Fließgewässer	30
Friedhof	20
Gehölz	15
Industrie- und Gewerbefläche	15
Landwirtschaft	14
Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	20
Stehendes Gewässer	30
Unland, Vegetationslose Fläche	28
Wald	10
Wohnbaufläche	18

4.4.4. Gebäudeinformationen

Ausgehend von den Angaben in den Daten des ATKIS-Basis-DLM werden die Gebäude im Geländeaster lagerichtig (Bild 4.2) als unüberströmbare Elemente angesetzt (Materialtyp: Disable).

4.4.5. Flussschlauch

Ziel der Bearbeitung ist es nicht, ein Gewässer- und Vorlandmodell mit detaillierter Nachbildung der Gerinne und Bauwerke im Gewässer zu erstellen, wie es z. B. für Hochwasserrisikomanagementpläne erforderlich ist, sondern ein vereinfachtes Modell zu erstellen, mit dem grundsätzliche Aussagen zu Problembereichen bestimmt werden können. Daher werden auch keine Vermessungsdaten des Gerinnes genutzt.

Um bei der Modellierung des Flussschlauches diesen dennoch so genau wie möglich abzubilden, werden die Daten des digitalen Geländemodells im Bereich der Gewässer ohne Ausdünnung verwendet (Bild 4.2).

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

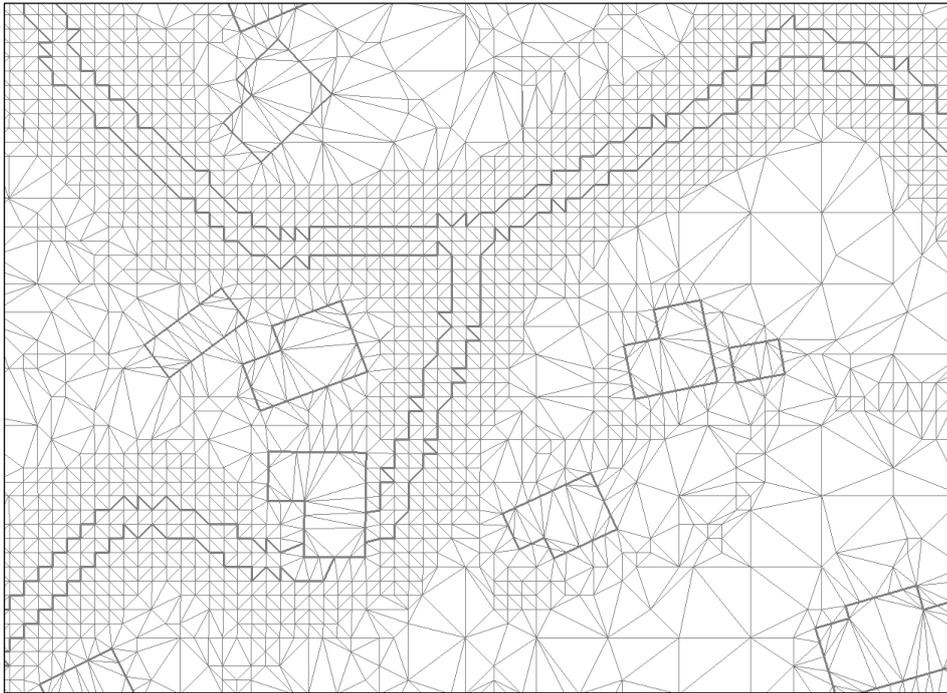


Bild 4.2 Ausschnitt Berechnungsnetz 2d-Modellierung HYDRO_AS-2d.

Zur Abschätzung der Unterschiede erfolgt beispielhaft ein Vergleich der Vermessungsdaten des Gewässers mit den Daten, die anhand der DGM-Informationen im 2d-Modell enthalten sind (Bild 4.3). Es ist zu sehen, dass das DGM die Gewässertiefe überwiegend unterschätzt. In Richtung Vorland sind die Daten sehr vergleichbar.

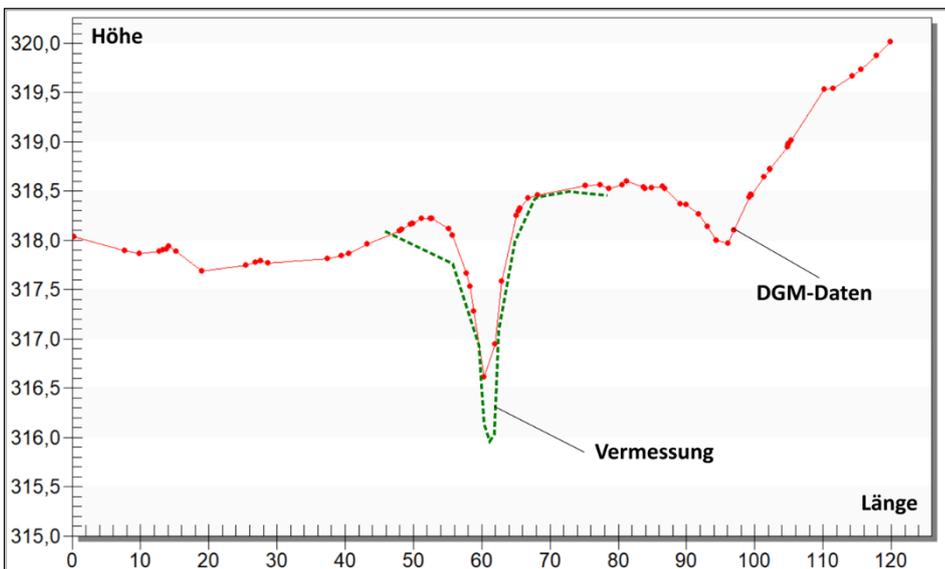


Bild 4.3 Vergleich Profil aus Vermessung und Modelldaten gem. DGM.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

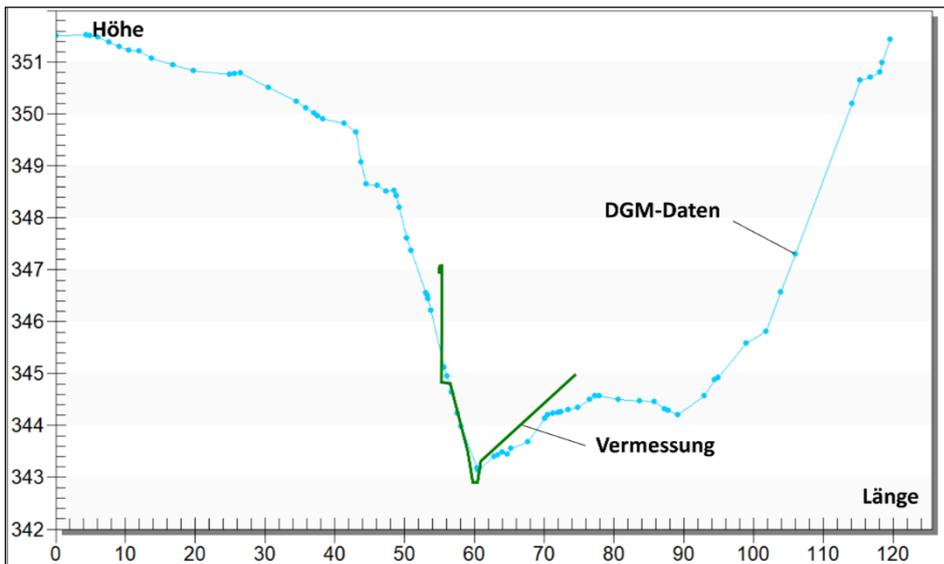


Bild 4.4 Vergleich Profil aus Vermessung und Modelldaten gem. DGM.

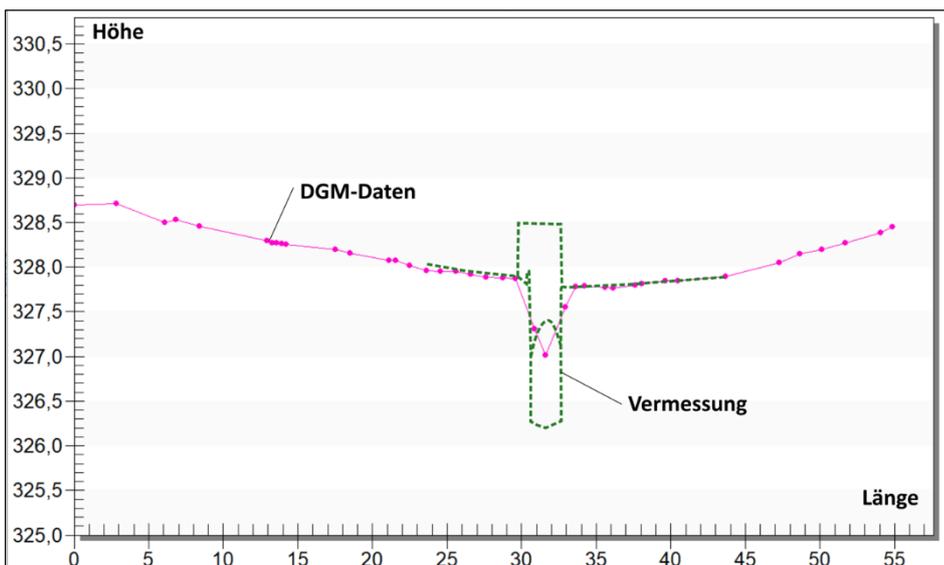


Bild 4.5 Vergleich Profil aus Vermessung und Modelldaten gem. DGM.

4.4.6. Weitere Aufbereitung des DGM für die Überschwemmungsberechnungen

Da die Abflüsse im Gewässer maßgeblich von Verrohrungen, Durchlässen usw. beeinflusst werden, diese aber nicht in den Daten des digitalen Geländemodells enthalten sind, erfolgt an offensichtlichen Stellen eine Nachbearbeitung der Daten.

Die zusätzlich berücksichtigten Bauwerke sind auf den Ergebnisplänen dargestellt. Angaben zu Dimension bzw. Größe liegen nicht vor, weshalb hier Annahmen getroffen werden mussten.

4.5. Modellberechnungen

4.5.1. Niederschlagsbelastung im 2d-Modell

Die Niederschlagsbelastung des 2d-Modells erfolgt flächendeckend über den Ansatz der Quellterme in HYDRO_AS-2d.

Der Haupteinsatz für diese Option ist die Simulation von Starkregenereignissen in urbanen Gebieten. Für die Modellierung von Gewässern werden normalerweise keine Niederschlagsdaten hinterlegt, sondern es erfolgt die gesonderte hydrologische Modellierung mittels Niederschlag-Abfluss-Modell des Gebiets. Die Übergabe zum hydraulischen Modell erfolgt dann an definierten Bilanzpunkten über einzelne Abflussganglinien. Da jedoch gerade die flächendeckende hydrologische Abflussbildung sowie die hydraulische Abflusskonzentration im Fokus der Bearbeitung stehen, findet diese „klassische“ Methode hier keine Anwendung.

Gemäß den Niederschlägen der Regenradarauswertung erfolgt eine Einteilung des Einzugsgebiets in drei Teilgebiete (TG): „Nord“, „Mitte“ und „Ost“ (Bild 4.6). Für jedes der Gebiete wird eine Niederschlagszeitreihe des Ereignisses vom 14.05.2017 erstellt (Bild 4.7).

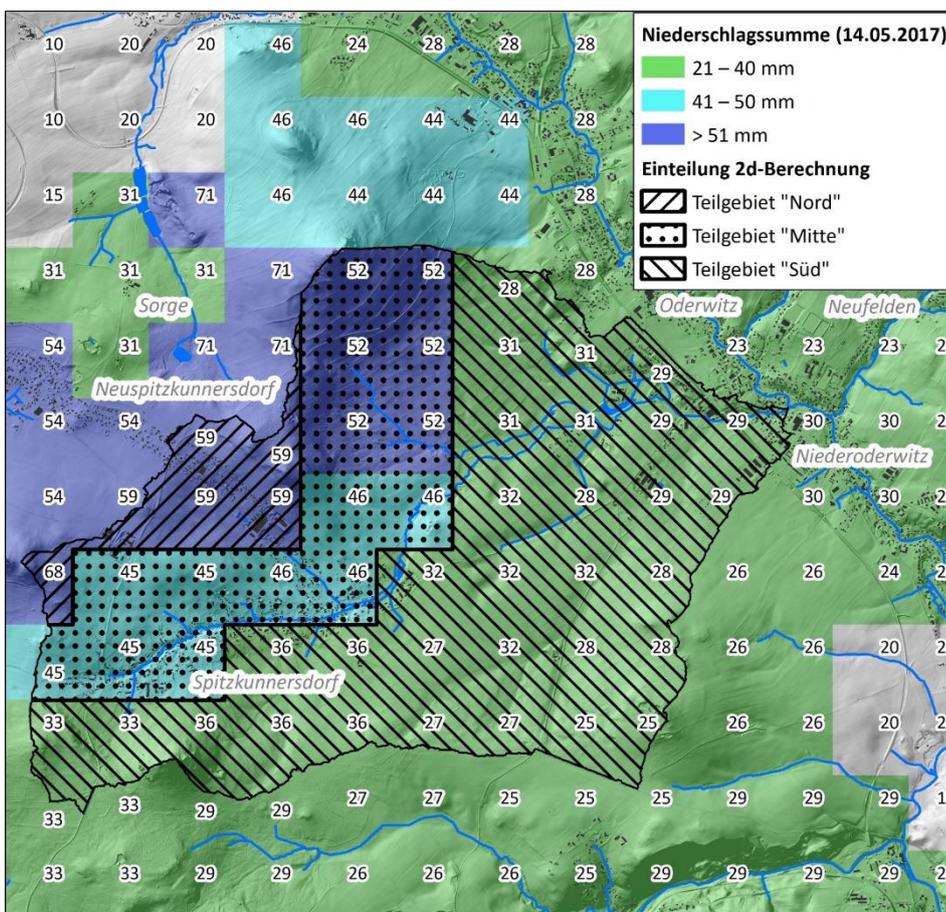


Bild 4.6 Einteilung des Einzugsgebiets für die 2d-Berechnung.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

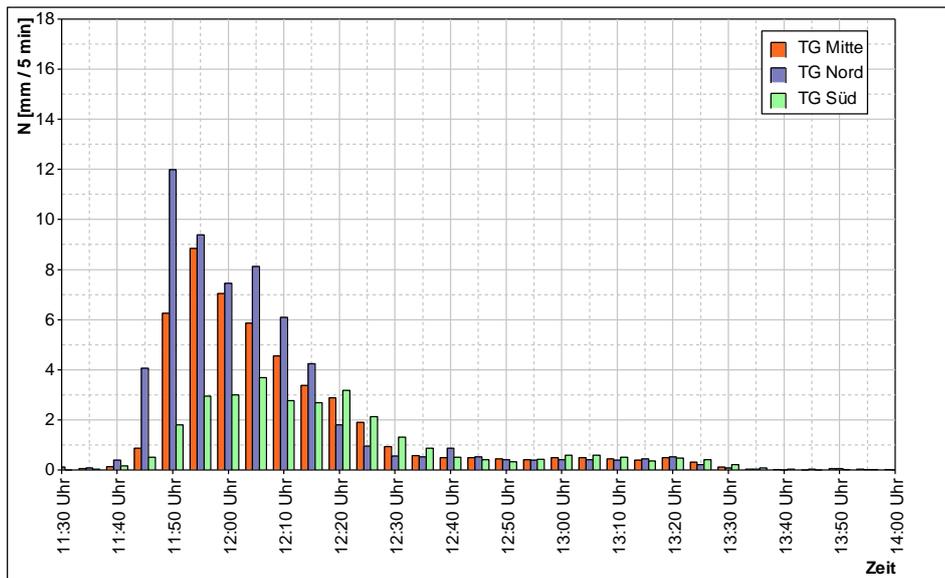


Bild 4.7 Niederschlagszeitreihen der Teilgebiete (TG) des EZG Spitzkunnersdorfer Bach für das Ereignis am 14.05.2017.

Zur Berücksichtigung der abflussbildenden Wirkung einzelner Landnutzungstypen wird in befestigte und unbefestigte Flächen unterschieden:

- Befestigt: Fläche besonderer funktionaler Prägung, Fläche gemischter Nutzung, Industrie- und Gewerbefläche, Wohnbaufläche, Unland, vegetationslose Fläche, Stehendes Gewässer, Fließgewässer
- Unbefestigt: Wald, Friedhof, Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche, Gehölz, Landwirtschaft

Es werden jeweils verschiedene Abflussbeiwerte für die Flächentypen angesetzt (Tab. 4.4). Diese stellen vereinfacht die hydrologischen Prozesse der Verluste (Versickerung, Interzeption etc.) dar. Bei der Wahl der Parameter wurde die Wiederkehrzeit des Ereignisses mit $T \geq 100$ a berücksichtigt, weshalb der Abflussbeiwert der unbefestigten Flächen im Vergleich zu allgemeinen Literaturangaben relativ hoch ist. Weiter werden Muldenverluste zum Teil durch die Oberflächenstruktur des 2d-Modells abgebildet, weshalb diese nicht für die Ermittlung des Effektivniederschlags berücksichtigt werden.

Tab. 4.4 Parametrisierung Abflussbildung.

Flächentyp	Abflussbeiwert für das Ereignis 14.05.2018
Befestigt	0,95
Unbefestigt	0,80

4.5.2. Modellkalibrierung

Nach Erstellung des 2d-Modells erfolgt die instationäre Strömungsberechnung des Starkregenereignisses. Für den berechneten Starkregen werden Überschwemmungsflächen und -höhen dargestellt (Plan IV -3). Diese Informationen werden den gemessenen oder beobachteten Informationen gegenübergestellt (Bild 4.8 bis Bild 4.12).

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

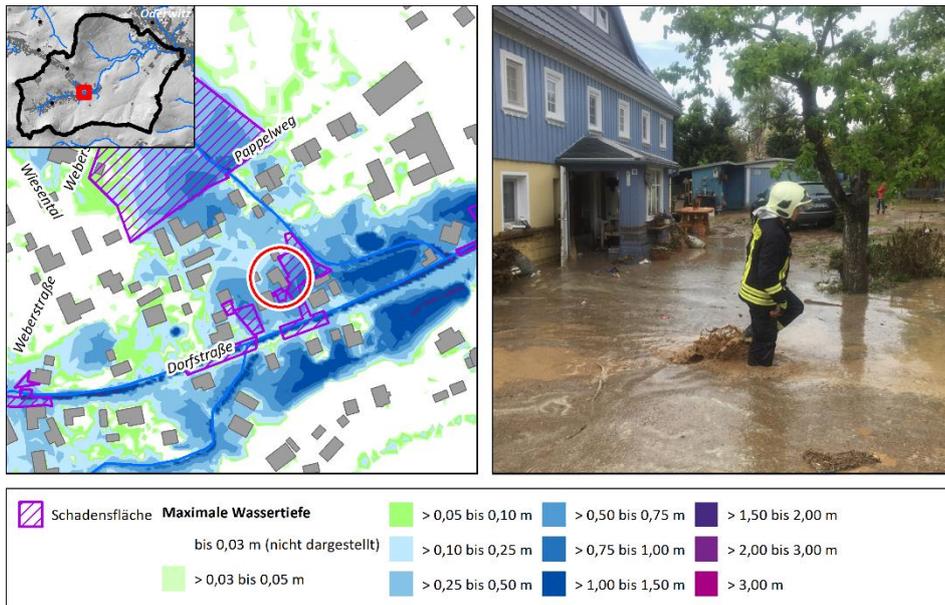


Bild 4.8 Vergleich der Überschwemmungsflächen (simuliert und beobachtet) in Spitzkunnersdorf für das Ereignis am 14.05.2017 - Bereich Dorfstraße 20.

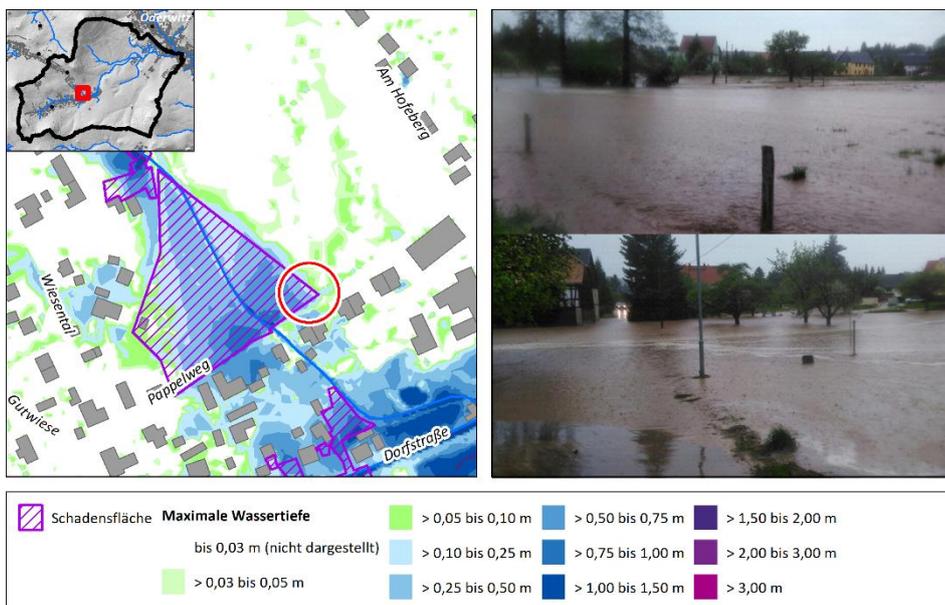


Bild 4.9 Vergleich der Überschwemmungsflächen (simuliert und beobachtet) in Spitzkunnersdorf für das Ereignis am 14.05.2017 - Bereich Pappelweg.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

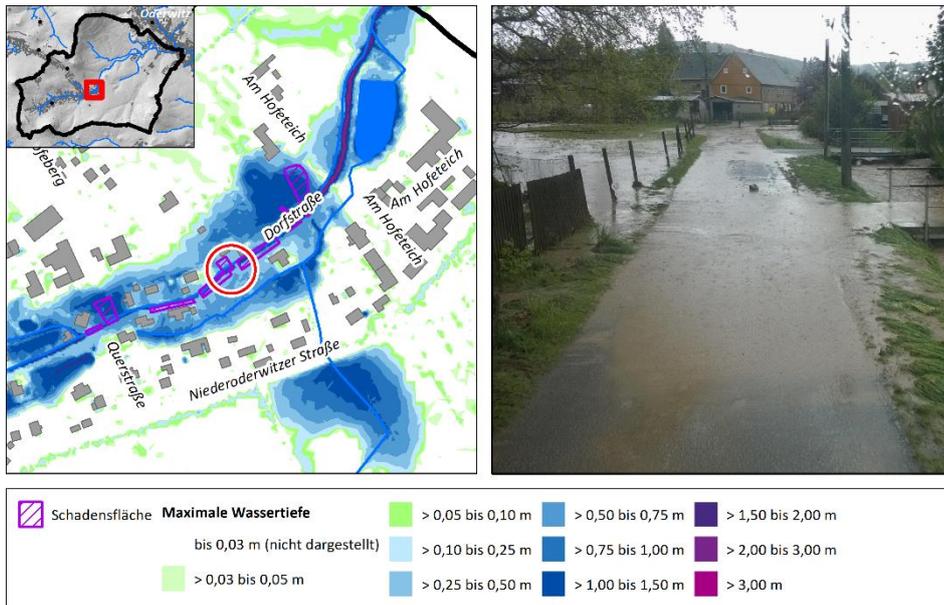


Bild 4.10 Vergleich der Überschwemmungsflächen (simuliert und beobachtet) in Spitzkunnersdorf für das Ereignis am 14.05.2017 - Bereich Dorfstraße 1.

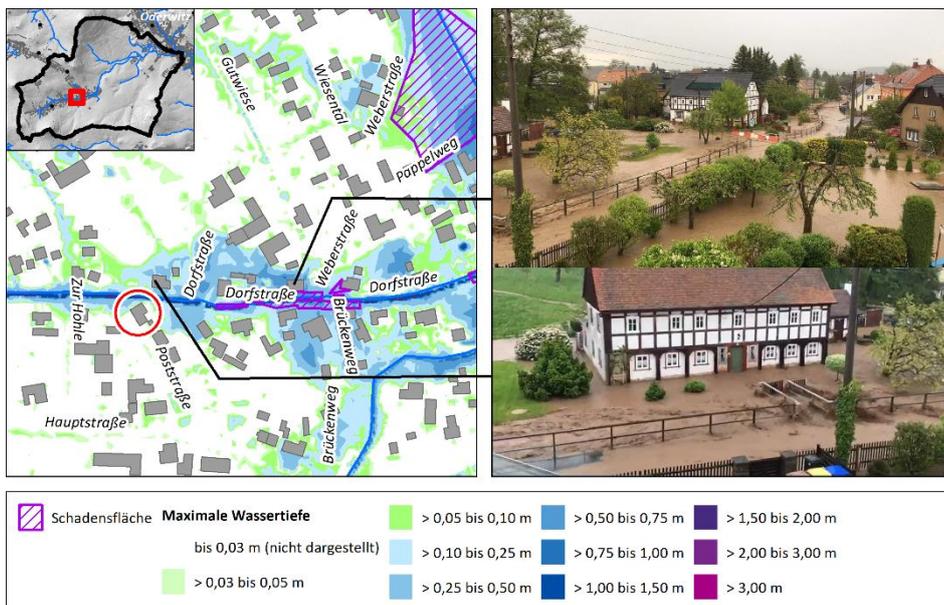


Bild 4.11 Vergleich der Überschwemmungsflächen (simuliert und beobachtet) in Spitzkunnersdorf für das Ereignis am 14.05.2017 - Bereich Dorfstraße / Post-, Brückenstraße.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

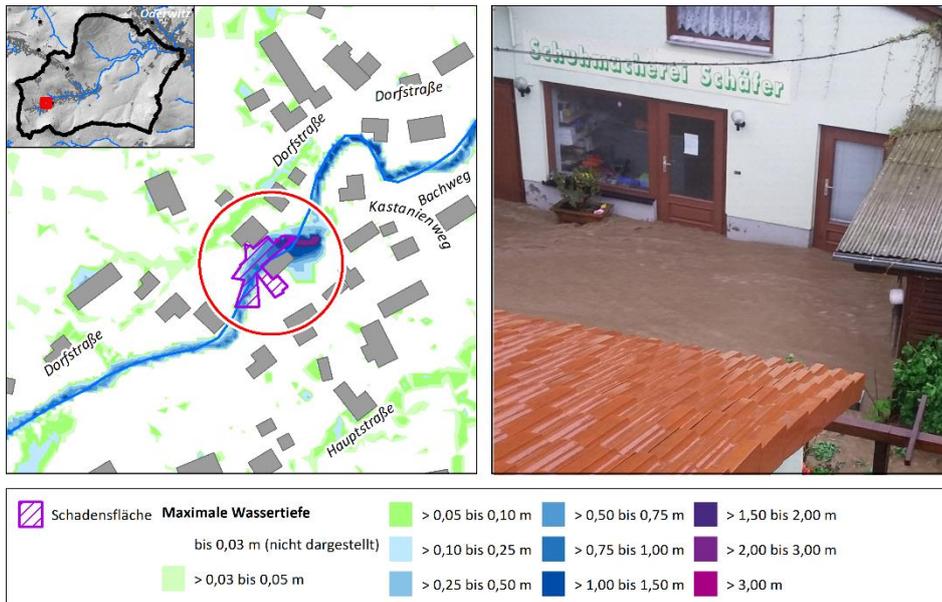


Bild 4.12 Vergleich der Überschwemmungsflächen (simuliert und beobachtet) in Spitzkunnersdorf für das Ereignis am 14.05.2017 - Bereich Kastanienweg.

Anhand der Bilder und Videos der Ereignisdokumentation und den darauf punktuell erkennbaren, abgeschätzten Wasserständen werden die Berechnungsergebnisse als sehr gut bewertet.

Weiteres Indiz für eine gute Übereinstimmung zwischen Modell und Realität sind die übergebenen Schadensflächen. Im überwiegenden Teil der Flächen werden Überschwemmungen berechnet bzw. sind hier Abflussbahnen erkennbar.

Verschiedene Bereiche hingegen zeigen große Wassertiefen, ohne dass hier Schadensflächen ausgewiesen sind bzw. die Situation dokumentiert wurde. Dies kann verschiedene Ursachen haben. Zum einen sind Bauwerke, die nicht in den Daten des digitalen Geländemodells enthalten sind, wie z. B. Brücken, Durchlässe oder Verrohrungen, infolge der Aufgabenstellung nicht aufgenommen und modelliert. Dadurch kann es im Modell zum Aufstau oberhalb solcher Strukturen kommen, die so in der Realität nicht stattfinden. Sind solche Bauwerke jedoch verlegt, was bei Starkregenereignissen keine Seltenheit ist, können die Wasserstände in der Realität infolge der geminderten hydraulischen Leistungsfähigkeit trotzdem denen der Simulation entsprechen.

Zum anderen wurden Überschwemmungsflächen überwiegend dort dokumentiert, wo ein direktes Risiko besteht. Geländesenken außerhalb der Ortslagen könnten damit nicht im Fokus der Ereignisdokumentation zum Zeitpunkt des Starkregens gewesen sein. Wie sich die Situation unterstrom der Ortslage Spitzkunnersdorf beim Ereignis am 14.05.2017 dargestellt hat, ist in der Ereignisdokumentation nicht angegeben. Aus der Simulation wird jedoch ersichtlich, dass es hier deutlich weniger Betroffenenheiten gibt als in der Ortslage Spitzkunnersdorf.

Da keine deutlichen Abweichungen zwischen Beobachtung und Modellergebnissen erkennbar sind, die mit der Parametrisierung des Oberflächenmodells begründbar sind, erfolgt keine weitere Abpassung der Parameter.

4.5.3. Sensitivitätsuntersuchung

Zur Einschätzung der Auswirkung der Oberflächenrauheit, erfolgt eine Sensitivitätsanalyse, in der die Werte jeweils um $\pm 15\%$ verändert werden. Die Wasserstandsdifferenzen zum Ausgangszustand sind in den Plänen IV-8 und IV-9 dargestellt.

Bei der **Erhöhung der Rauheiten** - die Oberfläche wird glatter angenommen - erhöhen sich die Fließgeschwindigkeiten und es entstehen geringere Wassertiefen. Bei der Simulation des Ereignisses vom 14.05.2017 liegt die Wasserstandsreduzierung überwiegend bei - 1 cm bis - 5 cm. Das betrifft hauptsächlich den Bereich der Gewässer sowie der Hauptabflussbahnen. Im Bereich von Niederkunnersdorf gibt es kleine Bereichen mit geringen Wasserstandserhöhungen (+ 1 cm bis + 5 cm). Dies kann durch Wechselwirkungen in der Überlagerung der verschiedenen Zuflusswellen erklärt werden.

Bei der **Reduzierung der Rauheiten** - die Oberfläche wird rauher angenommen - verringern sich die Fließgeschwindigkeiten und es entstehen erhöhte Wassertiefen. Bei der Simulation des Ereignisses vom 14.05.2017 liegt die Wasserstandserhöhung überwiegend bei + 1 cm bis + 5 cm. Das betrifft, wie bei der Erhöhung der Rauheit, wieder hauptsächlich den Bereich der Gewässer sowie der Hauptabflussbahnen. Im Bereich von Niederkunnersdorf gibt es kleine Bereiche mit geringen Wasserstandsreduzierungen (+ 1 cm bis + 5 cm). Dies kann ebenfalls durch Wechselwirkungen in der Überlagerung der verschiedenen Zuflusswellen erklärt werden.

Im Rahmen der Sensitivitätsuntersuchung wird weiterhin ein Zustand betrachtet, der die **Vorfeuchte des Bodens als vollständig** gesättigt annimmt. Hier zeigt sich (Plan IV-7), dass die Wasserstände infolge der erhöhten Abflussmenge gegenüber dem Referenzzustand steigen. Für die Hauptabflussbahnen ergeben sich Fließtiefen, die um bis zu 5 cm höher sind, im Spitzkunnersdorfer Wasser oberhalb Niederoderwitz liegt der Wasserstand 10 bis 25 cm höher. Erst unterstrom des Hofeteichs ergeben sich Fließtiefen, die bis zu 100 cm höher sind. Ursache hierfür ist jedoch überwiegend Rückstau durch Brückenbauwerke, die im 2d-Modell nur vereinfacht dargestellt sind.

4.5.4. Berechnungsergebnisse Ist-Zustand

Für den Ist-Zustand erfolgt die Berechnung des Ereignisses vom 14.05.2017. Die Ergebnisse der Berechnung sind als maximale Wassertiefen (Plan IV-3) und maximale Fließgeschwindigkeiten (Plan IV-4) dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen die Hauptfließwege des wild abfließenden Wassers mit Wassertiefen von bis zu 25 cm. In Bereichen, wo es zu keiner nennenswerten Abflusskonzentration kommt, sind die Wassertiefen unter 3 cm. Besonders deutlich werden Mulden und Senken sichtbar, in denen sich der Abfluss sammelt.

Im Gewässer treten größere Wassertiefen auf. Da eine vereinfachte Modellierung des Flussschlauches lediglich aus den Punkten des digitalen Geländemodells erfolgt, ist die Durchgängigkeit der Gewässersohle nicht in allen Teilen gegeben. Dies wird in den Ergebnissen z. T. sichtbar. Im Oberlauf des Spitzkunnersdorfer Baches kommt es nur geringfügig zu Ausuferungen. Erst ab der Poststraße treten großflächige Überschwemmungen im Bereich der Bebauung auf. Unterhalb der Ortslage Spitzkunnersdorf sind die Überschwemmungen ebenfalls sehr großflächig, betreffen aber überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen bzw. Grünflächen. Im Bereich der Ortslage Oderwitz treten kaum Überschwemmungen aus dem Gewässer auf. Begründbar ist dies vermutlich damit, dass große Mengen im Bereich oberhalb des Hofeteiches zurückgehalten werden, wodurch sich die Abflussspitze reduziert.

4.5.5. Beispielhafte Untersuchungen Maßnahmen

Für die beispielhafte Untersuchung von Maßnahmen erfolgt die Berücksichtigung von zwei Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) sowie die Herstellung der hydraulischen Durchgängigkeit in einem Bereich.

Berücksichtigt werden

- Absenkung der Straße „Am Hofeteich“ in Spitzkunnersdorf / Aufweitung Durchlass
- Potentielles HWRB Sportplatz
- Potentielles HWRB Färbergraben

4.5.5.1. Absenkung der Straße „Am Hofeteich“ in Spitzkunnersdorf / Aufweitung Durchlass

Aufgrund der Topografie und Lage der Straße „Am Hofeteich“ kommt es im Ist-Zustand zur Abflusseinengung in diesem Bereich. Durch die Absenkung der Straße und Aufweitung des Durchlasses wird eine Reduzierung der Wassertiefen oberhalb erreicht. Der Effekt ist jedoch sehr gering (Bild 4.13 und Plan IV-10).

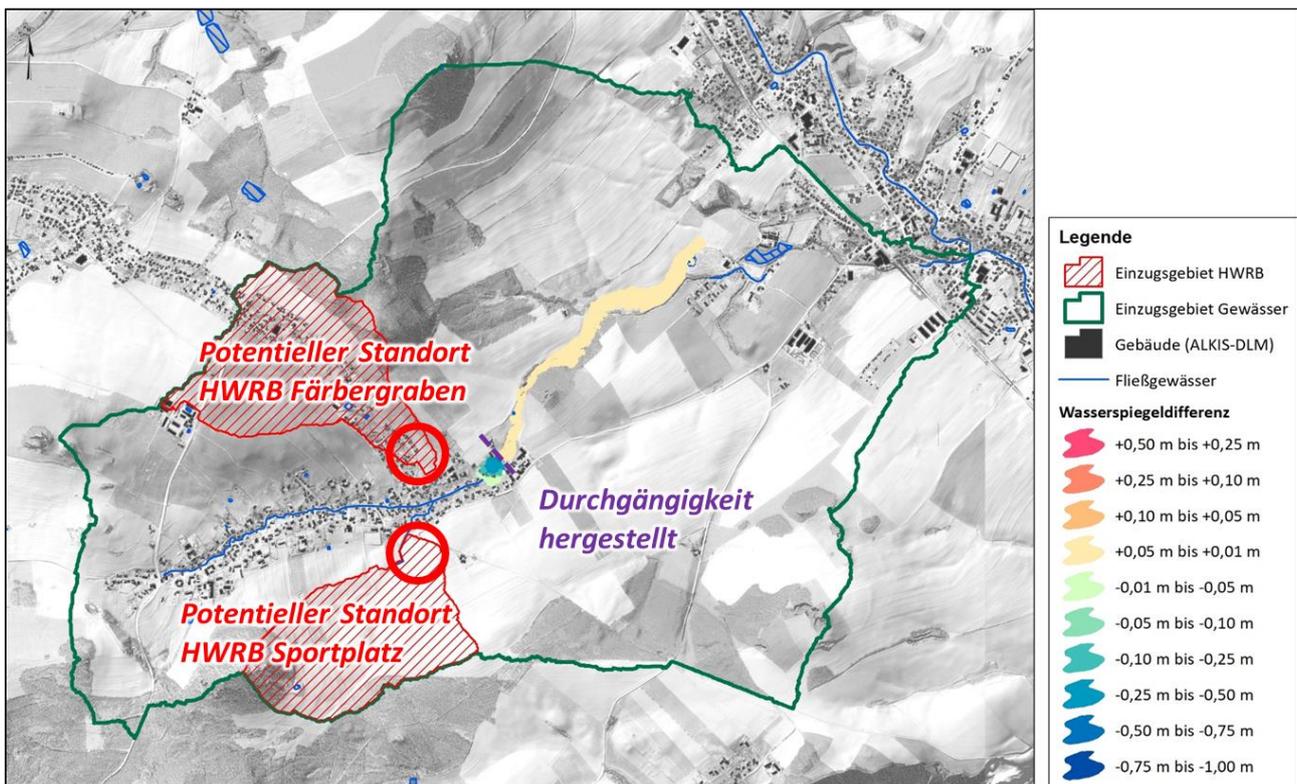


Bild 4.13 Wasserspiegeldifferenz bei Berücksichtigung der Herstellung der Durchgängigkeit an der Straße „Am Hofeteich“ in Spitzkunnersdorf für das Ereignis am 14.05.2017.

4.5.5.2. Berücksichtigung der potentiellen Hochwasserrückhaltebecken

Die Grundlagen zu den HWRB werden den Planungen Hochwasserschutz Spitzkunnersdorf Hochwasserrückhaltebecken Färbegraben (IWT, 2017) und Neubau Hochwasserrückhaltebecken Sportplatz in 02794 Leutersdorf OT Spitzkunnersdorf (IWT, 2017) entnommen.

Hydrodynamische Simulation von starkregen-induzierten Sturzfluten

Für die beispielhaften Berechnungen wird angenommen, dass der gesamte Abfluss der Einzugsgebiete der beiden HWRB nicht zum Abfluss beiträgt. Dies würde dem besten Fall eines („unendlich großen“) Retentionsraumes entsprechen.

Zur Einordnung der Größenverhältnisse erfolgt eine Auswertung der vorhandenen und für die jeweiligen Ereignisse erforderlichen Retentionsvolumens (V).

HWRB Sportplatz

- $A_{EZG} = 75 \text{ ha}$
- Schutzziel: $HQ_{100} \rightarrow BHQ3 = 2,4 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{Dr} = 0,2 - 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V_{\text{vorhanden}} = 3\,500 \text{ m}^3$
- $V_{\text{erforderlich, HQ100}} = 9\,000 \text{ m}^3$ (D = 3 h)

Anhand der erfolgten Berechnungen wird das erforderliche Volumen für das Ereignis am 14.05.2017 ermittelt.

- $V_{\text{erforderlich, 14.05.2017}} \approx 13\,000 \text{ m}^3$ (D = 45 min, $Q_{zu} = 5,4 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Psi = 75 \%$)

HWRB Färbergraben

- $A_{EZG} = 89 \text{ ha}$
- Schutzziel $HQ_{100} \rightarrow BHQ3 = 1,9 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{Dr} = \text{DN } 400$ ($Q \approx 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$)
- $V_{\text{vorhanden}} = 3\,000 \text{ m}^3$
- $V_{\text{erforderlich}} = \text{k. A.}$

Anhand der erfolgten Berechnungen wird das erforderliche Volumen für das Ereignis am 14.05.2017 ermittelt

- $V_{\text{erforderlich, 14.05.2017}} \approx 35\,000 \text{ m}^3$ (D = 45 min, $Q_{zu} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Psi = 70 \%$ $\rightarrow HQ_{1000} - HQ_{2000}$)

Durch die Berücksichtigung der beiden (fiktiv „unendlich großen“) HWRB können die Wasserstände für das Ereignis vom 14.05.2017 unterhalb der Einzugsgebiete um bis zu 25 cm reduziert werden (Bild 4.14). Die Überschwemmungsflächen im Siedlungsbereich werden dadurch jedoch kaum verändert.

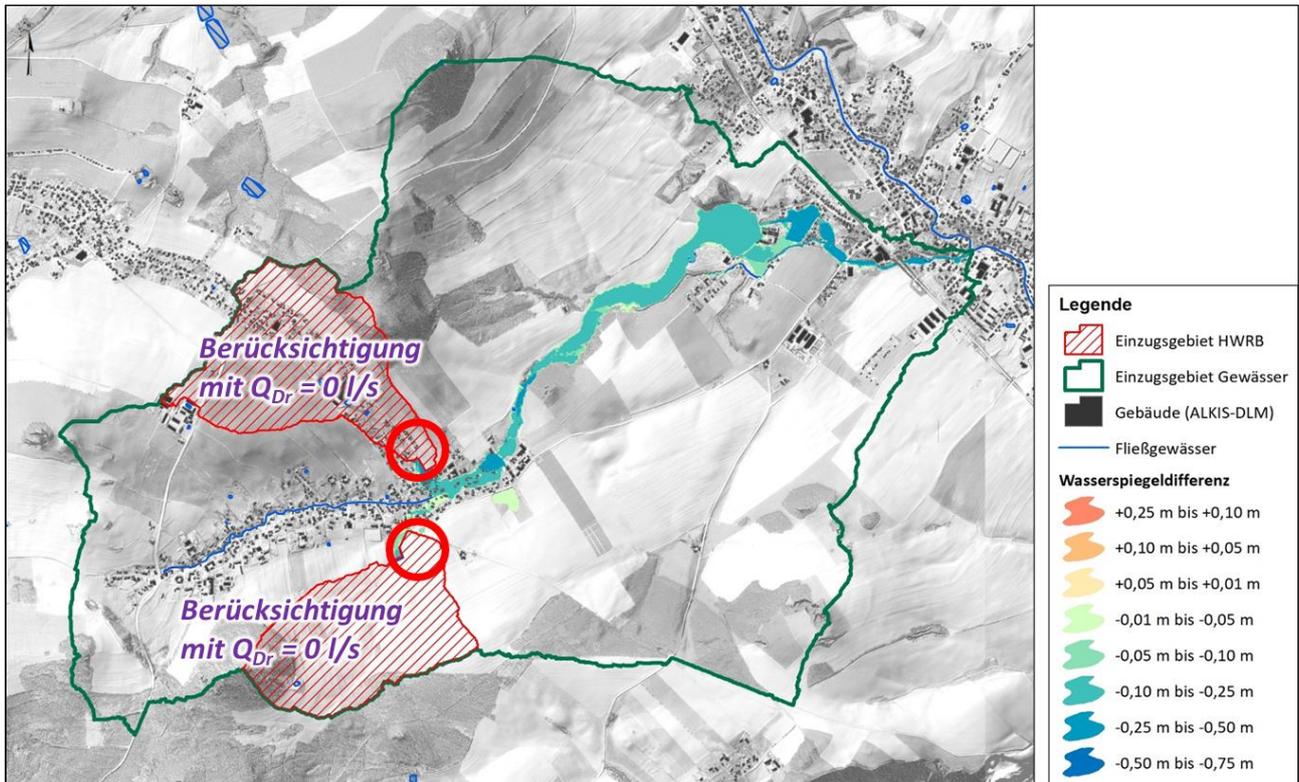


Bild 4.14 Wasserspiegeldifferenz bei Berücksichtigung der potentiellen HWRB für das Ereignis am 14.05.2017.

Die Wassertiefen sowie Differenzen unter Berücksichtigung aller oben genannten Maßnahmen ist in den Plänen IV-10 und IV-11 dargestellt. Die Reduzierung der Wasserstände im Siedlungsbereich liegt bei etwa 10 cm. Im Bereich Oderwitz werden Differenzen von bis zu 25 cm erreicht. Die Flächen der Überschwemmungsgebiete werden dadurch jedoch kaum verändert.

5. Literatur

Krämer (2008): Quantitative Radardatenaufbereitung für die Niederschlagsvorhersage und die Siedlungsentwässerung - Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Leibniz Universität Hannover, Heft 92.

Marshall and Palmer (1948): The distribution of raindrops with size, Journal of Meteorology, Vol. 9, 327 - 332.

Schmitt et al. (2018): Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. Korrespondenz Wasserwirtschaft, Ausgabe 2018 (11) Nr. 2, S. 82-88.

Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Juli 2013 (SächsGVBl. Nr. 10 vom 07.08.2013 S. 503), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. Juli 2016 (SächsGVBl. S. 287) geändert worden ist

HWRM-RL - Hochwasserrisikomanagementrichtlinie, Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, ABl. EG, 2007, L 288/27, 8 S.

HYDROTEC (2002): HYDRO_AS-2d. Vorlagen zur Materialrauheit für die 2d-Berechnung. Version 2.2.2, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelttechnik mbH, Aachen

RAINMAN Key Facts

Project duration: 07.2017 – 06.2020

Project budget: 3,045,287 €

ERDF funding: 2,488,510 €

RAINMAN website &
newsletter registration: www.interreg-central.eu/rainman



Lead Partner



Saxon State Office for Environment,
Agriculture and Geology

✉ rainman.lfulg@smul.sachsen.de

Project Partner



Project support



INFRASTRUKTUR & UMWELT
Professor Böhm und Partner

✉ RAINMAN@iu-info.de