

## **Einfluss der Niederschlagserfassung auf die Niederschlag-Abfluss-Modellierung**

Daniel Giebler<sup>1</sup>, Karim Sedki<sup>1</sup>, Ulrich Dittmer<sup>1</sup>, Thomas Einfalt<sup>2</sup>,  
Michal Oktawiec<sup>3</sup>, Pawel Licznar<sup>4</sup>

<sup>1</sup> RPTU Kaiserslautern-Landau, Kaiserslautern, Deutschland

<sup>2</sup> hydro & meteo GmbH, Lübeck, Deutschland

<sup>3</sup> Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, Breslau, Polen

<sup>4</sup> Warsaw University of Technology, Warschau, Polen

**Kurzfassung:** Die Simulation des Niederschlag-Abfluss-Geschehens im urbanen Raum benötigt repräsentative Niederschlagsinformationen, die der kleinteiligen Struktur von Siedlungsgebieten gerecht werden. Verbesserte räumliche und zeitliche Auflösungen von Niederschlagsaufzeichnungen, insbesondere durch Wetterradare, ermöglichen eine bessere Abstimmung zwischen Niederschlagseingabe und Abflussmodell. Diese Arbeit untersucht verschiedene Kombinationen der Auflösung, um bestehende Empfehlungen und Grenzen zu validieren. Hierzu wird ein Überblick der Radarnetzwerke und qualitätsgeprüften Niederschlagsprodukte aus zehn europäischen Ländern gegeben. Die räumliche Auflösung beträgt länderübergreifend 1 km, die zeitliche meist 5 oder 10 Minuten. In einer Simulationsstudie werden beispielhaft zwei Ereignisse im Einzugsgebiet Fehraltorf (Schweiz) mit verschiedenen Niederschlagsquellen (Schreiber- und Radardaten) und zeitlichen Auflösungen näher betrachtet. Die Simulationsergebnisse mit Radardaten zeigen keine nachteiligen Effekte auf die Abflussganglinien im Vergleich zu Schreiberdaten. Unterschiede betreffen die Abflussspitzen (Abweichungsmaß DYMax), während die Gesamtbewertung (Abweichungsmaß Nash-Sutcliffe-Efficiency) stark von deren Genauigkeit abhängt. Wird die Abflussspitze adäquat abgebildet, zeigt sich die Bewertung unabhängig von der Niederschlagsquelle oder zeitlichen Auflösung.

**Key-Words:** N-A-Modellierung, Wetterradar, Datenauflösung, räumliche Auflösung, zeitliche Auflösung, QPE-Produkte

### **1 Veranlassung und Ziel**

Die räumlich-zeitliche Auflösung öffentlich verfügbarer Niederschlagsdaten verbessert sich stetig. Schilling (1991) und Berne et al. (2004) untersuchten, wie die Abhängigkeit

zwischen räumlicher und zeitlicher Auflösung die Genauigkeit (hydrodynamischer) Niederschlag-Abfluss-Simulationen beeinflusst. Ziel war es, geeignete Auflösungskombinationen für solche Modelle zu bestimmen.

Im Co-UDlabs-Projekt „STARR-ING: Spatio-temporally advanced resolution of rainfall data for ingenious urban hydrological applications“ wurden diese Zusammenhänge im Urban Water Observatory (UWO; Feldlabor; Blumensaat et al., 2025) anhand von Bodenmessungen, Radardaten von MeteoSchweiz und einem SWMM-Modell analysiert. Der Fokus lag auf dem Vergleich gemessener und berechneter Abflüsse im Kanal sowie auf Zeitverzögerungen zwischen Niederschlagsintensität und Abflussspitzen.

## 2 Anforderungen der Niederschlag-Abfluss-Modellierung

Der Einsatz von Niederschlag-Abfluss-Modellen in der Siedlungswasserwirtschaft ist die gängige Methode zur Abbildung (urban-) hydrologischer Prozesse. U. a. nach DWA-M 165-1 (2021) lassen sich diese Prozesse in drei Hauptgruppen aufteilen in:

- Abflussbildung: Berechnung des abflusswirksamen Niederschlags (z. B. Verluste durch Evapotranspiration und Infiltration)
- Abflusskonzentration: Berechnung der Übergabe des flächig verteilten Niederschlags in die Kanalisation als Abflussganglinie von der Oberfläche
- Abflusstransport: Berechnung des Abflusses in der Kanalisation unter Berücksichtigung von Superpositions-, Translations- und Retentionseffekten

Die Abflusskonzentration und der Abflusstransport werden nur durch die Beschreibung im Niederschlag-Abfluss-Modell beeinflusst. Das umfasst neben der Festlegung von Berechnungszeitschritten insbesondere die Eingaben der Modellierenden. Diese entscheiden, wie detailliert die Topografie und Topologie und die (Ober-) Flächeninformationen des Einzugsgebiets abgebildet werden. Untersuchungen zur Modellvereinfachung (z. B. Pichler et al., 2024) und Modellkalibrierung (z. B. Sedki et al., 2023) zeigen, dass sich die Abbildung der räumlichen Struktur im Modell erheblich auf das Simulationsergebnis auswirken kann, jedoch auch immer von der Abstimmung der räumlichen und zeitlichen Auflösung zwischen diesen und dem eingegeben Niederschlag abhängt (Berne et al., 2004; Ochoa-Rodriguez et al., 2015). Das schließt bei der Auswahl eines geeigneten Niederschlagsprodukts und dessen Auflösung die Gesamtgröße des Untersuchungsgebiets ein, also auch seine räumliche Verteilung.

Die räumliche Verteilung des Niederschlags (während einem Ereignis) wird insbesondere dann relevant, wenn es sich aus mehreren kleinen Gebieten zusammensetzt („ungleichmäßige Überregnung“). Die Größe des Gebiets ist nach Berne et al. (2004) im Vergleich zu anderen allgemeinen Eigenschaften des Untersuchungsgebiets (Gefälle, Versiegelungsgrad) die dominierende Variable zur Bestimmung der räumlichen und zeitlichen Niederschlagsauflösung. Für die hier

gegenübergestellten Radar-Produkte ist diesem Zusammenhang folgend die zeitliche Auflösung aller Niederschlagsmessungen der limitierende Faktor für den Einsatz zur Niederschlag-Abfluss-Modellierung, da ein kleines topologisch abgeschlossenes Siedlungsgebiet untersucht wird.

Die Abflussbildung wird neben den Flächen-abhängigen Parametern für die Verlustansätze in einem Modell v. a. durch die räumliche und zeitliche Auflösung des Niederschlags gesteuert. Deletic et al. (2012) und Schilling (1991) betonen darüber hinaus, dass die Ergebnisgüte der Simulation auch durch die Genauigkeit und Repräsentativität von Niederschlagsdaten beeinflusst wird. Die Repräsentativität von Niederschlagsdaten adressiert hauptsächlich den Raumbezug. Dieser kann durch flächendeckend verfügbare Radardaten leichter sichergestellt werden als durch punktuell verfügbare Niederschlagsschreiber.

Für den hydraulischen Leistungsnachweis (Kanalnetzberechnung) sind die Anforderungen an die zeitliche und räumliche Auflösung der Niederschlagsdaten besonders hoch, da die dafür maßgebenden Niederschläge (Gewitter, sommerlicher Starkregen) überwiegend von kurzer Dauer, hoher Intensität und hoher räumlicher Variabilität sind (DWA-M 165-1, 2021). Um auch weiteren Lastfällen und damit verschiedenen Niederschlagsformen gerecht zu werden, wurde von Schilling (1991) vorgeschlagen, neun Anwendungen aus den drei Bereichen Dimensionierung, Leistungsnachweis und Betrieb der Kanalisation (einschließlich Sonderbauwerke) zu unterscheiden. Für die Analyse bestehender Kanalnetze z. B. beträgt die von Schilling (1991) empfohlene zeitliche Auflösung mindestens fünf Minuten und die empfohlene räumliche Auflösung mindestens eine Messstelle pro Kilometer. Berne et al. (2004) fordern eine zeitliche Auflösung der Niederschlagserfassung von einer Minute und Ochoa-Rodriguez et al. (2015) eine genauere räumliche Auflösung als 1 km für kleine Einzugsgebiete (für 1 bis 100 ha: 500 m, für kleiner 1 ha: 100 m), um die kleinskaligen Eigenschaften von Niederschlägen ausreichend genau zu erfassen.

### **3 Wetter-Radarnetzwerke in Europa**

Die Eigenschaften der Wetter-Radarnetze und qualitätsgeprüften Niederschlagsprodukte zehn europäischer Länder (Deutschland und Nachbarländer) wurden einander gegenübergestellt (vgl. Tabelle 1). Aufgrund der unterschiedlichen Landesflächen werden auch unterschiedlich viele Radarstandorte für eine ausreichende Abdeckung benötigt. Von den zehn betrachteten Ländern verfügt nur Luxemburg über kein eigenes Radarnetzwerk und kein eigenes QPE-Produkt und ist daher nicht in Tabelle 1 aufgeführt. Durch zwei benachbarte Radarstationen aus Deutschland und Belgien wird das Staatsgebiet von Luxemburg innerhalb eines Abstands von ca. 80 km vollständig überdeckt. Die restlichen neun nationalen Radarnetzwerke bestehen fast ausschließlich aus C-Band-Doppler-Dual-Polarisations-Radargeräten. Radarstationen ohne Dual-Polarisationstechnik sind nur noch in Polen, Belgien und Frankreich vereinzelt vorhanden. Die räumliche Auflösung

der ausgewerteten Radarprodukte beträgt länderübergreifend 1 km (Rasterweite). Die zeitliche Auflösung der Radardaten beträgt überwiegend 5 oder 10 Minuten.

Tabelle 1: Eigenschaften operativer Radarnetzwerke in Europa.

| Land<br>Wetterdienst                         | Niederschlagsmesser<br>(NM; nationales Messnetz) |                  |                    | Wetter-Radar<br>(QPE-Produkte aus C-Band-, Doppler- u. teilw. Dual-Polarisations-Radar <sup>1</sup> ) |                          |                     |                          |                    |                                   |                  |  |
|--|--|------------------|--------------------|---|--------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------|--|
|  | Stationen  | Zeitintervall    | Fläche / NM        | Stationen   | Zeitintervall            | Räumliche Auflösung | Reichweite               | Fläche je Station  | Aneich-stationen                  | Name QPE-Produkt | Verarbeitung Z-R-Beziehung                               |
|  | [–]  | [min]            | [km <sup>2</sup> ] | [–]   | [min]                    | [km x km]           | [km]                     | [km <sup>2</sup> ] | [–]                               |                  |  |
| Deutschland<br><i>DWD</i>                    | 1052 <sup>2</sup>                                | 5 <sup>2</sup>   | 340                | 17 <sup>3</sup>   | 60 <sup>4</sup><br>(10)  | 1 <sup>4</sup>      | 150 <sup>5</sup>         | 21.033             | Ca.<br>1.400 <sup>5</sup>         | RW <sup>6</sup>  | ver-<br>feinert <sup>4</sup>                             |
| Schweiz<br><i>MeteoSchweiz</i>               | 280 <sup>7</sup>                                 | 10 <sup>7</sup>  | 147                | 5 <sup>8</sup>  | 60 <sup>10</sup><br>(10) | 1 <sup>10</sup>     | 115 <sup>9,8</sup>       | 8.257              | > 250 <sup>10</sup>               | CPC              | fest <sup>8</sup>  |
| Österreich <sup>11</sup><br><i>GeoSphere</i> | 269 <sup>12</sup>                                | 10 <sup>12</sup> | 312                | 5 <sup>13</sup>   | 5 <sup>14</sup>          | 1 <sup>14</sup>     | 224 <sup>13</sup>        | 16.776             | k. A.                             | QPE              | Keine<br>öffentlich<br>zugänglichen<br>Informatione<br>n |
| Tschechien<br><i>CHMI</i>                    | 500 <sup>15</sup>                                | 10 <sup>15</sup> | 135                | 2 <sup>15</sup>   | 10 <sup>15</sup>         | 1 <sup>15</sup>     | 260 <sup>15</sup>        | 39.436             | 500 <sup>15</sup>                 | MERGE            | MP <sup>15</sup>   |
| Polen <sup>16</sup><br><i>IMGW-PIB</i>       | 500 <sup>17</sup>                                | 10 <sup>17</sup> | 624                | 8 <sup>19</sup>   | 10 <sup>18</sup>         | 1 <sup>18</sup>     | 215 <sup>18</sup>        | 38.991             | 500 <sup>17</sup>                 | RainGRS          | MP <sup>18</sup>   |
| Dänemark<br><i>DMI</i>                       | 291 <sup>19</sup>                                | 1 <sup>19</sup>  | 148                | 5 <sup>20</sup>   | 5 <sup>20</sup>          | 0,5 <sup>20</sup>   | 120 <sup>20</sup>        | 8.585              | kein operatives QPE-Produkt       |                  |  |
| Niederlande<br><i>KNMI</i>                   | 32 <sup>21</sup>                                 | 10 <sup>22</sup> | 1169               | 2 <sup>21</sup>   | 5 <sup>21</sup>          | 1 <sup>21</sup>     | 100 <sup>9,21</sup>      | 18.696             | 32 (h) &<br>319 (d) <sup>21</sup> | MFBS             | MP <sup>21</sup>   |
| Belgien<br><i>KMI Belgien</i>                | 168 <sup>23</sup>                                | 5 <sup>23</sup>  | 183                | 3+1 <sup>24</sup>   | 5 <sup>24</sup>          | 1 <sup>24</sup>     | 100 <sup>9,24,23</sup>   | 7.667              | 152 <sup>24</sup>                 | RADQPE           | ver-<br>feinert <sup>24</sup>                            |
| Frankreich<br><i>MeteoFrance</i>             | 600 <sup>25</sup>                                | 1 <sup>25</sup>  | 919                | 33 <sup>26</sup>  | 15 <sup>27</sup>         | 1 <sup>27</sup>     | 60/<br>100 <sup>26</sup> | 16.226             | 900 <sup>28</sup>                 | ANTILOPE         | MP <sup>28</sup>   |

<sup>1</sup> Anlagen in Polen (Ośródk and Szturc (2022), Belgien (Goudenhoofd (2024) und Frankreich (Ventura and Tabary (2013) nur teilweise mit Dual-Polarisations-Radaren ausgerüstet  
<sup>2</sup> DWD (2024b).  
<sup>3</sup> DWD (2013).  
<sup>4</sup> DWD (2024a).  
<sup>5</sup> DWD (2023).  
<sup>6</sup> Nach Winterrath et al. (2015) und Weigl (2024) werden in RADOLAN Daten aus POLARA (Dual-Polarisation) verarbeitet; Zuordnung zu einzelnen Verarbeitungsschritten nicht öffentlich verfügbar

<sup>7</sup> MeteoSchweiz (2024).  
<sup>8</sup> Germann et al. (2022).  
<sup>9</sup> reduzierte Reichweite Radarmessung mit zuverlässiger Niederschlagsbestimmung, max. Radarreichweite größer  
<sup>10</sup> EDA (2017).  
<sup>11</sup> 2017 bei Blitzeinschlag beschädigtes Wetter-Radar in Valluga soll bis 2026 neu aufgebaut werden  
<sup>12</sup> Kaltenboeck (2012).  
<sup>13</sup> GeoSphere Austria (2024).  
<sup>14</sup> Kaltenboeck (2012).  
<sup>15</sup> Austro Control (2024).  
<sup>16</sup> Novák et al. (2021).

<sup>16</sup> Planung zum vollständigen Ausbau der Dual-Polarisation-Technik inkl. zwei neuer Standorte (Ośródk and Szturc (2022).  
<sup>17</sup> Jurczyk et al. (2023).  
<sup>18</sup> Jurczyk et al. (2020).  
<sup>19</sup> Ośródk and Szturc (2022).  
<sup>20</sup> DMI (2024).  
<sup>21</sup> Imhoff et al. (2021).  
<sup>22</sup> van Andel (2021).  
<sup>23</sup> Journée et al. (2023).  
<sup>24</sup> Goudenhoofd (2024).  
<sup>25</sup> Guillou (2018).  
<sup>26</sup> Causse et al. (2023).  
<sup>27</sup> CEREMA (2024).  
<sup>28</sup> Champeaux et al. (2011).

## 4 Simulationsstudie

Im Rahmen einer Simulationsstudie wurden Abflussganglinien jeweils in und am Ende eines urbanen Einzugsgebiets hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit gemessenen Abflüssen ausgewertet (vgl. Abbildung 1). Die (Un-) Ähnlichkeit wird durch (i) die Unterschiede der Abflussspitzen mit dem Abweichungsmaß DYmax, (ii) den Verlauf der Ganglinien mit dem Maß Nash-Sutcliffe-Efficiency (NSE) und (iii) den zeitlichen Versatz der Ganglinien durch Korrelationsanalysen bewertet. Durch die Kombination verschiedener räumlicher und zeitlicher Auflösungen mit drei Niederschlagsdatensätzen ergeben sich 18 Simulations-Varianten, die mit dem Storm Water Management Model (SWMM) der United States Environmental Protection Agency (US EPA) umgesetzt werden.

### 4.1 Messdaten aus der Kanalisation

Zur Bewertung der Simulationsergebnisse werden Abflussmessungen in der Kanalisation aus dem UWO-Datensatz genutzt. Es wurden zwei Vergleichsmessstellen ausgewählt, die durch ihre Lage im und am Ende des Systems eine differenzierte Bewertung des Gesamtsystems ermöglichen (vgl. Abbildung 1).

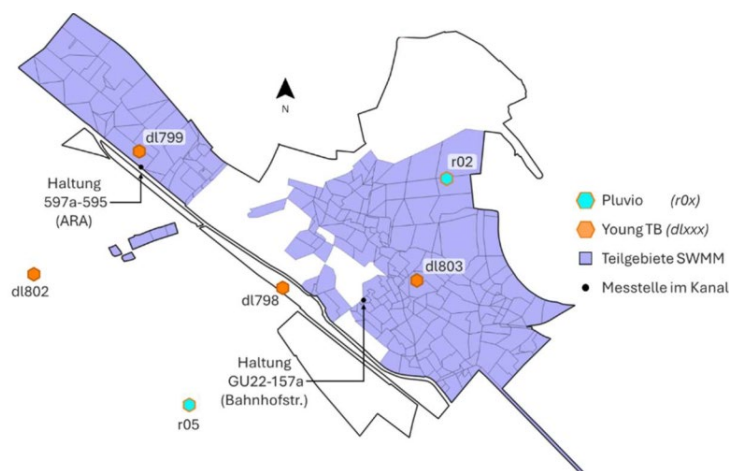


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet Fehraltorf mit modellierten Einzugsgebietsflächen, Niederschlagsmessstellen und verwendeten Messstellen in der Kanalisation.

Die erste Vergleichsmessstelle (Haltung 597a-595) befindet sich im Hauptsammler kurz vor dem Zulauf zur ARA und in Fließrichtung direkt unterhalb der Vereinigung der Zuflüsse aus dem südöstlichen Gebiet und dem Gewerbegebiet. An dieser Messstelle befinden sich zwei Sensoren zur Abfluss- (*bf\_plsZUL1101\_inflow\_ara*) und Wasserstandsmessung (*bl\_dl257\_inflow\_ara*). Die zeitliche Auflösung beträgt eine Minute für die Abflussmessung und fünf Minuten für die Wasserstandsmessung. Aufgrund der in den Metadaten beschriebenen Randbedingungen der Messung (Rückstau, Überschätzung der Abflussmenge) war über eine Datenprüfung eine Vorverarbeitung notwendig.

Die zweite Vergleichsmessstelle (Haltung GU22-157a) befindet sich mittig im Einzugsgebiet von Fehraltorf auf dem Hauptfließweg des südöstlichen (Wohn-) Gebiets in der Bahnhofstraße. An dieser Messstelle werden der Abfluss und der Wasserstand mit einem Sensor (*bf\_f07\_23\_bahnhofstr*) im 5-Minuten-Intervall gemessen. Für diese Messstelle sind keine Metadaten mit Informationen zu den Messwerten verfügbar. Am 10.09.2019 befindet sich zwischen 00:00 Uhr und 10:45 Uhr eine Messlücke in den Rohdaten (129 Datenpunkte fehlen).

## 4.2 Zuordnung des räumlich verteilten Niederschlags

Im SWMM-Modell wird jedem Teilgebiet die räumlich nächstgelegene Messstelle (Niederschlagsschreiber) oder die nächstgelegene Radarzelle zugeordnet (vgl. Abbildung 2). Die Reichweite der punktuellen Messstelle wird durch Voronoi-Polygone/Thiessen-Polygone ermittelt. Wenn ein Teilgebiet eine Überlappung mit mehreren Voronoi-Polygonen (Messstellen) oder Radarzellen aufweist, wird die flächenmäßig größten Überlappung ausgewählt.

Für die Simulationsstudie werden aus allen verfügbaren Niederschlagszeitreihen drei Datengruppen gebildet. Die erste Gruppe (Kurzbezeichnung: *Pluv*; vgl. Abbildung 2 links) beinhaltet alle Pluvio Messstationen aus dem UWO-Datensatz, da diese im Vergleich zu den Tipping-Bucket-Zeitreihen (TB) den Niederschlag mit einer höheren Zuverlässigkeit abbilden. In der Gruppe *Pluv* sind durch die Messstellen r02 und r05 alle Teilgebiete des SWMM-Modells abgedeckt.

Die zweite Gruppe (Kurzbezeichnung: *TB+Pluv*; vgl. Abbildung 2 mitte) beinhaltet alle Niederschlagsschreiber (Typ OTT\_Pluvio2L und RM Young\_52202) aus dem UWO-Datensatz. Ausgenommen davon ist die Station dl801 aufgrund unzuverlässiger Sensordaten. Die zweite Datengruppe bietet die beste räumliche Auflösung des Niederschlagsgeschehens in dieser Simulationsstudie. Die Gruppe *TB+Pluv* beinhaltet die fünf Niederschlagsschreiber dl798, dl799, dl802, dl803 und r02.

Die dritte Gruppe (Kurzbezeichnung: *Radar*) beinhaltet die fünf ausgewählten Radarzellen über dem Einzugsgebiet (vgl. Abbildung 2 rechts).

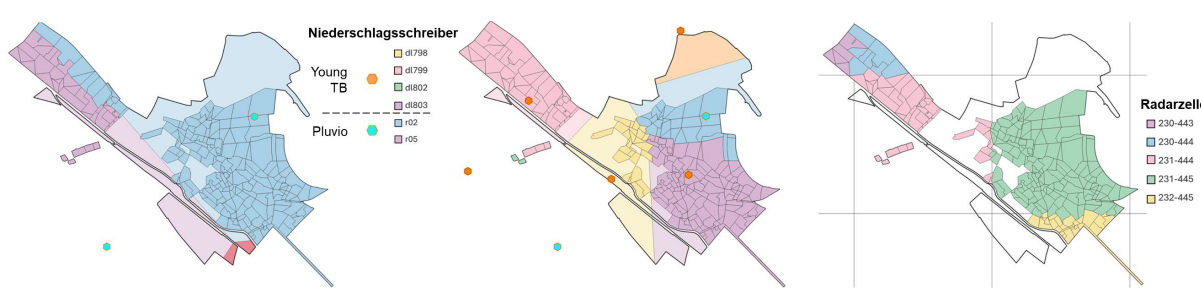


Abbildung 2: Zuordnung des räumlich verteilten Niederschlags für Pluvio-Messungen (links), Pluvio und Young Tipping Bucket Messungen (mitte) und Radarzellen (rechts).

### 4.3 SWMM-Modell

Das untersuchte Modellgebiet Fehraltorf (UWO-Datensatz; Blumensaat et al., 2025) wurde in zwei Varianten „fein“ und „grob“ (vgl. Abbildung 3) in SWMM abgebildet. Das Modell „grob“ wurde aus dem Modell „fein“ durch Aggregation gebildet.

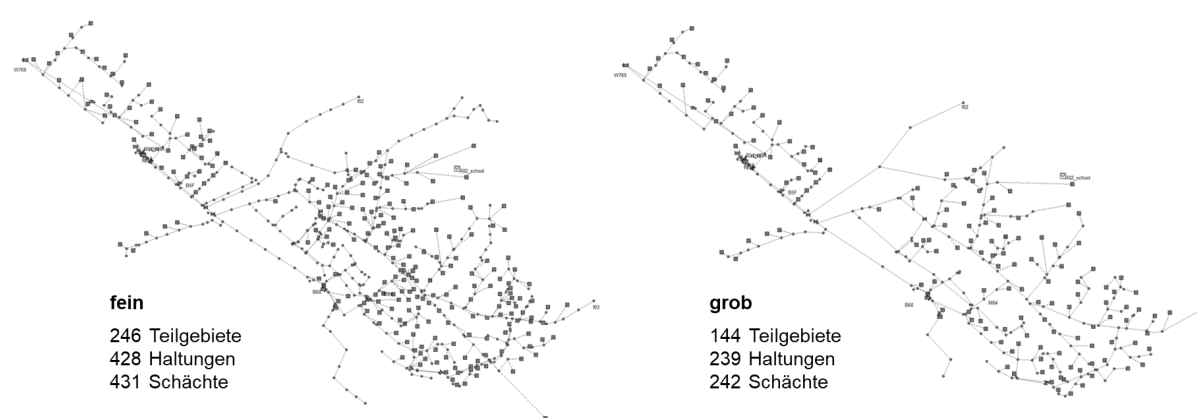


Abbildung 3: Varianten des modellierten Einzugsgebiets in SWMM.

Teilgebiete sind im groben Modell zusammengefasst, wenn diese an denselben Schacht angeschlossen sind. Dazu wurden die Flächen dieser einzelnen Teilgebiete addiert und mit dem Namen des größten Teilgebiets gespeichert. Für das neu angelegte Teilgebiet wurden die Modell-Parameter Breite (Width), Gefälle (%Slope) und undurchlässiger Flächenanteil (%Imperv) aus den Parametern der einzelnen Teilgebiete berechnet. Für die Berechnung der Gebietsbreite wurde eine quadratische Grundfläche der Gesamtfläche angenommen. Das Gebietsgefälle und der undurchlässige Flächenanteil wurden aus den Parametern der Teilgebiete als flächengemittelter Wert berechnet.

Die Topologie des Kanalnetzes wurde vereinfacht, wenn benachbarte Haltungen gleiche geometrische Eigenschaften (Form und Dimension) und dieselbe Rauigkeit besitzen. Dazu wurden die benachbarten Haltungen als ein Element abgebildet und alle zwischenliegenden Schächte entfernt. Verzweigungen und externe Zuflüsse wurden nicht aggregiert, um die grundlegende Netzstruktur der Kanalisation zu erhalten. Die Länge der nach diesen Regeln zusammengefassten Kante entspricht der Summe der Längen aller Teilhaltungen. Der Versatz zum Schacht am oberen Ende der Haltung (Inlet Offset) und am unteren Ende der Haltung (Outlet Offset) wird von der am weitesten stromaufwärts oder stromabwärts gelegenen Haltung übernommen. Alle weiteren Eigenschaften der Haltungen bleiben unverändert, da diese für alle Elemente gleich sind. Falls bei einem entfernten Schacht ein direkter Zufluss (Direct Inflow) oder Trockenwetterzufluss (Dry Weather Inflow) hinterlegt ist, wird dieser Zufluss stromabwärts dem nächsten im Modell enthaltenen Schacht zugeordnet.



#### 4.4 Ergebnisse und Diskussion

Im Vergleich zu Simulationen mit Niederschlagsschreibern weisen die Ergebnisse aus der Simulation mit Radardaten keine nachteiligen Eigenschaften in den Abflussganglinien auf. Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Niederschlags-Abfluss-Simulation betreffen insbesondere die Größe der Abflussspitzen. Die Bewertung der Abflussganglinie über die gesamte Ereignisdauer kann bei großen Abweichungen der simulierten zu den gemessenen Abflussspitzen maßgeblich beeinflusst werden. Werden die maximalen Abflussspitzen von den Niederschlagsdaten nicht negativ beeinflusst, ist die Bewertung der Abflussganglinie von den eingesetzten Niederschlagsdaten und der zeitlichen Auflösung des Niederschlags unabhängig. Abbildung 4 zeigt hierzu beispielhaft vergleichende Ergebnisse zwischen gemessenen und simulierten Abflüssen mit 5-Minuten-Auflösung der Niederschlagszeitreihen. Für Bodenmessungen im gezeigten Ereignis wird eine Nash-Sutcliffe-Efficiency von 0,231 erreicht, während diese für Radardaten mit 0,282 geringfügig besser ausfällt, insgesamt aber auf teilweise starke Abweichungen hindeutet. Das Abweichungsmaß für den Zeitversatz der Abflussspitzen bestätigt Unterschiede, die sich mit ca. 10 Minuten für Boden- und 15 Minuten für Radarmessungen ausprägen (vgl. Abbildung 4).

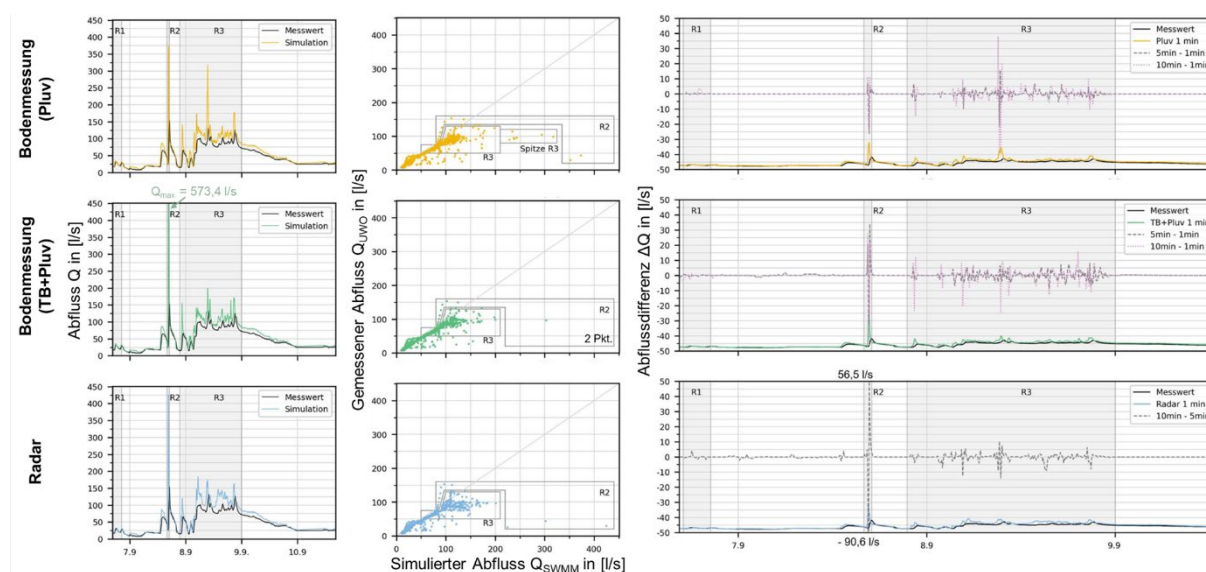


Abbildung 4: Ergebnisse der Simulationsstudie für ein untersuchtes Ereignis an der Messstelle im Gebietszentrum mit einer groben Modellauflösung und Niederschlagsauflösung von 5 Minuten für Niederschlagsmessung am Boden („Pluv“ oben und „TB+Pluv“ unten) und Radar (unten); jeweils der Ereignisverlauf (links), die grafische Korrelationsauswertung (mitte) und der Vergleich der Zeitstruktur (rechts) zwischen gemessenem und simuliertem Abfluss im Kanal.



## 5 Schlussfolgerungen

Die von Schilling (1991) für die Analyse bestehender Kanalnetze geforderte zeitliche (mind. 5 Minuten) und räumliche Auflösung (mind.  $1 \times 1$  km) werden durch die Radardaten weitgehend erfüllt. Die Übertragbarkeit der Methode ist grundsätzlich gegeben. Aufgrund unterschiedlicher Radardatenverarbeitungen zur Ableitung von QPE-Produkten sind jedoch Genauigkeit und Robustheit nicht eindeutig bestimmbar.

Die Anforderungen von Berne et al. (2004) (mind. 1 Minute) und Ochoa-Rodriguez et al. (2015) (für kleine Einzugsgebiete mind.  $0,5 \times 0,5$  km bzw.  $0,1 \times 0,1$  km) werden von verfügbaren Niederschlags- oder QPE-Produkten der Wetterdienste nicht erfüllt.

Durch Nachbearbeitung auf Basis von Zwischenprodukten sind Verbesserungen möglich, wobei die räumliche Auflösung von der Radarnähe und der Messstrategie abhängt. Im Vergleich zu nationalen Niederschlagsmessnetzen bieten Radardaten eine deutlich höhere räumliche Auflösung und eine bessere Annäherung an die erforderlichen Eigenschaften.

## 6 Ausblick

Die Auswertung von QPE-Produkten ausgewählter europäischer Länder zeigt, dass vergleichbare Untersuchungen von Niederschlag-Abfluss-Modellen auch außerhalb der Schweiz möglich sind. Zu untersuchen ist, ob die Eigenschaften der Radardaten zur Simulation urbanhydrologischer Prozesse durch die Kombination unterschiedlicher Verarbeitungsschritte der nationalen Wetterdienste maßgeblich beeinflusst werden. Darüber hinaus wird aufbauend auf den Ergebnissen aus STARR-ING untersucht, ob Downscaling von Radardaten auf 1-Minutenwerte und räumliche Auflösungen unter  $1 \times 1$  km weitere Verbesserungen in der Simulation bringen können.

## 7 Literatur

- Austro Control, 2024. Wetterradarbild Österreich. Austro Control GmbH (accessed 17.12.2024). [https://www.austrocontrol.at/wetter/wetter\\_fuer\\_alle/wetterradar](https://www.austrocontrol.at/wetter/wetter_fuer_alle/wetterradar).
- Berne, A., Delrieu, G., Creutin, J.-D., Obled, C. (2004): Temporal and spatial resolution of rainfall measurements required for urban hydrology. *Journal of Hydrology* 299 (3-4), 166–179. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.002>.
- Blumensaat, F., Bloem, S., Ebi, C., Disch, A., Förster, C., Maurer, M., Rodriguez, M., Rieckermann, J. (2025): The UWO dataset – long-term observations from a full-scale field laboratory to better understand urban hydrology at small spatio-temporal scales.
- Causse, A., Planche, C., Buisson, E., Baray, J.-L. (2023): Evaluation of Rain Estimates from Several Ground-Based Radar Networks and Satellite Products

for Two Cases Observed over France in 2022. Atmosphere 14 (12),  
<https://doi.org/10.3390/atmos14121726>.

CEREMA, 2024. Antilope (HU): Wikhydro. Centre for Studies and Expertise on Risks, the Environment, Mobility and Urban Planning (accessed 17.12.2024).  
[http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Antilope\\_\(HU\)](http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Antilope_(HU)).

Champeaux, J., Laurantin, O., Mercier, B., Mounier, F., Lassegues, P., Tabary, P. (2011): Quantitative precipitation estimations using rain gauges and radar networks: inventory and prospects at Météo-France.

Deletic, A., Dotto, C., McCarthy, D.T., Kleidorfer, M., Freni, G., Mannina, G., Uhl, M., Henrichs, M., Fletcher, T.D., Rauch, W., Bertrand-Krajewski, J.L., Tait, S. (2012): Assessing uncertainties in urban drainage models. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 42-44, 3–10.  
<https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.04.007>.

Deutscher Wetterdienst, 2023. RADOLAN - Kurzbeschreibung: Radargestützte Analysen stündlicher Niederschlagshöhen im Echtzeitbetrieb für Deutschland (RADOLAN) und Mitteleuropa (RADOLAN-ME), Offenbach.  
[https://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radarniederschlagsprodukte/radolan\\_kurzbeschreibung\\_pdf.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radarniederschlagsprodukte/radolan_kurzbeschreibung_pdf.html) (accessed 17.12.2024).

Deutscher Wetterdienst, 2024a. RADOLAN - Produktübersicht, Offenbach.  
[https://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/produktuebersicht/radolan\\_produktebersicht\\_pdf.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/produktuebersicht/radolan_produktebersicht_pdf.html) (accessed 17.12.2024).

DMI, 2024. Radar (accessed 17.12.2024). <https://www.dmi.dk/dmis-vejrpprodukter/radar>.

DWA-M 165-1 (2021): Niederschlag-Abfluss- und Schmutzfrachtmodelle in der Siedlungsentwässerung: Teil 1: Anforderungen, 1. Auflage, Mai 2021 ed. DWA-Regelwerk M 165,1. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall, Hennef. 978-3-96862-093-0.

DWD, 2013. Das Wetter im Visier: Instrumente und Messnetze der Meteorologie. Deutscher Wetterdienst, Offenbach.  
[https://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/DE/presse/messnetz\\_pdf.pdf?blob=publicationFile&v=7](https://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/DE/presse/messnetz_pdf.pdf?blob=publicationFile&v=7) (accessed 17.12.2024).

DWD, 2024b. Open Data Center: Index of  
[/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/5\\_minutes/precipitation/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/5_minutes/precipitation/)  
on (accessed 17.12.2024).  
[https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/5\\_minutes/precipitation/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/5_minutes/precipitation/).

- EDA, 2017. Hourly Precipitation Estimation through Rain-Gauge and Radar: CombiPrecip: Documentation of MeteoSwiss Grid-Data Products. CombiPrecip 3.1. Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss.  
[https://www.meteoswiss.admin.ch/dam/jcr:2691db4e-7253-41c6-a413-2c75c9de11e3/ProdDoc\\_CPC.pdf](https://www.meteoswiss.admin.ch/dam/jcr:2691db4e-7253-41c6-a413-2c75c9de11e3/ProdDoc_CPC.pdf) (accessed 17.12.2024).
- GeoSphere Austria, 2024. Wetterstationen: Stationsnetz der GeoSphere Austria. GeoSphere Austria – Bundesanstalt für Geologie, Geophysik, Klimatologie und Meteorologie (accessed 17.12.2024).  
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/messnetze/wetterstationen>.
- Germann, U., Boscacci, M., Clementi, L., Gabella, M., Hering, A., Sartori, M., Sideris, I.V., Calpini, B. (2022): Weather Radar in Complex Orography. Remote Sensing 14 (3), 503. <https://doi.org/10.3390/rs14030503>.
- Goudenhoofdt, E., 2024. RADQPE user Guide (accessed 17.12.2024).  
<https://radli.meteo.be/uploads/media/63d3e7525ab68/radqpe-userguide.pdf?v20231106-1421>.
- Guillou, Y. (2018): L'automatisation des observations météorologiques de surface à Météo-France. Une r-évolution. Météorologie (100 Spécial Anniversaire 25 ans), 96–99. <https://doi.org/10.4267/2042/65150>.
- Imhoff, R., Brauer, C., van Heeringen, K.-J., Leijnse, H., Overeem, A., Weerts, A., Uijlenhoet, R. (2021): A climatological benchmark for operational radar rainfall bias reduction. Hydrol. Earth Syst. Sci. 25 (7), 4061–4080.  
<https://doi.org/10.5194/hess-25-4061-2021>.
- Journée, M., Goudenhoofdt, E., Vannitsem, S., Delobbe, L. (2023): Quantitative rainfall analysis of the 2021 mid-July flood event in Belgium.
- Jurczyk, A., Ośródka, K., Szturc, J., Pasierb, M., Kurcz, A. (2023): Long-term multi-source precipitation estimation with high resolution (RainGRS Clim).
- Jurczyk, A., Szturc, J., Otop, I., Ośródka, K., Struzik, P. (2020): Quality-Based Combination of Multi-Source Precipitation Data. Remote Sensing 12 (11), <https://doi.org/10.3390/rs12111709>.
- Kaltenboeck, R. (2012): New Generation of dual polarized weather radars in Austria. ERAD 2012 - The Seventh european conference on radar in meteorology and hydrology.
- MeteoSchweiz, 2024. Automatisches Messnetz - MeteoSchweiz: Niederschlagsmessung (accessed 17.12.2024).  
<https://www.meteoschweiz.admin.ch/wetter/messsysteme/bodenstationen/automatisches-messnetz.html>.

- Novák, P., Kyznarová, H., Pecha, M., Šercl, P., Svoboda, V., Ledvinka, O. (2021): Utilization of Weather Radar Data for the Flash Flood Indicator Application in the Czech Republic. *Remote Sensing* 13 (16), 3184. <https://doi.org/10.3390/rs13163184>.
- Ochoa-Rodriguez, S., Wang, L.-P., Gires, A., Pina, R.D., Reinoso-Rondinel, R., Bruni, G., Ichiba, A., Gaitan, S., Cristiano, E., van Assel, J., Kroll, S., Murlà-Tuyls, D., Tisserand, B., Schertzer, D., Tchiguirinskaia, I., Onof, C., Willems, P., Veldhuis, M.-C. ten (2015): Impact of spatial and temporal resolution of rainfall inputs on urban hydrodynamic modelling outputs: A multi-catchment investigation. *Journal of Hydrology* 531, 389–407. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.035>.
- Ośródk, K., Szturc, J. (2022): Improvement in algorithms for quality control of weather radar data (RADVOL-QC system). *Atmos. Meas. Tech.* 15 (2), 261–277. <https://doi.org/10.5194/amt-15-261-2022>.
- Pichler, M., König, A.W., Reinstaller, S., Muschalla, D. (2024): Fully automated simplification of urban drainage models on a city scale. *Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research* 90 (9), 2673–2695. <https://doi.org/10.2166/wst.2024.337>.
- Schilling, W. (1991): Rainfall data for urban hydrology: what do we need? *Atmospheric Research* 27 (1-3), 5–21. [https://doi.org/10.1016/0169-8095\(91\)90003-F](https://doi.org/10.1016/0169-8095(91)90003-F).
- Sedki, K., Neumann, J., Klippstein, C., Dittmer, U. (2023): Einflüsse auf die Kalibrierbarkeit urbanhydrologischer Modelle: Teil 1: Unsicherheitseinflüsse und Kalibriermethoden. *Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA)* 70 (4), 258–265.
- van Andel, N. (2021): Quality control development for near real-time rain gauge networks for operational rainfall monitoring. Master Thesis, Utrecht.
- Ventura, J.F.i., Tabary, P. (2013): The New French Operational Polarimetric Radar Rainfall Rate Product. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 52 (8), 1817–1835. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-12-0179.1>.
- Weigl, E., 2024. RADOLAN: Änderung der operationellen Routine. Version 1.9.4. Deutscher Wetterdienst.
- Winterrath, T., Hafer, M., Junghänel, T., Schmitt, A., 2015. Erstellung einer radargestützten Niederschlagsklimatologie: 2. Zwischenbericht. Volltitel: Erstellung einer dekadischen radargestützten hoch-auflösenden Niederschlagsklimatologie für Deutschland zur Auswertung der rezenten Änderung des Extremverhaltens von Niederschlag. Deutscher Wetterdienst, Offenbach a.M.

[https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/GPCC/radarklimatologie/Dokumente/Zweiter\\_Zwischenbericht\\_Radarklimatologie\\_oeffentlich.pdf](https://opendata.dwd.de/climate_environment/GPCC/radarklimatologie/Dokumente/Zweiter_Zwischenbericht_Radarklimatologie_oeffentlich.pdf) (accessed 17.12.2024).

**Korrespondenz an:**

Karim Sedki  
Rheinland Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau,  
Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Paul-Ehrlich-Str. 14,  
67663 Kaiserslautern, Deutschland  
Telefon: +49 (0) 631 205 3018  
E-Mail: [karim.sedki@rptu.de](mailto:karim.sedki@rptu.de)