



# **Stadt Meerbusch**

---

## **Starkregenrisikomanagement**

Stadt Meerbusch

Starkregengefahrenkarte und Risikoanalyse

Erläuterungsbericht

**Wuppertal, September 2023**

---

**Dipl.-Ing. Olaf Schlag**

**Dipl.-Ing. Barbara Werth**

---

## Inhaltsverzeichnis

---

|          |                                                               |          |
|----------|---------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Veranlassung und Vorgehen .....</b>                        | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Verwendete Unterlagen und Verwendete Software .....</b>    | <b>3</b> |
| <b>3</b> | <b>Gefährdungsanalyse .....</b>                               | <b>5</b> |
| 3.1      | Gefahren.....                                                 | 5        |
| 3.2      | 2D-Oberflächenberechnung.....                                 | 8        |
| 3.3      | Hinweise .....                                                | 9        |
| 3.3.1    | Definition und Unterscheidung von Starkregenereignissen ..... | 9        |
| 3.3.2    | Kanalsystem .....                                             | 11       |
| 3.3.3    | Versickerung.....                                             | 12       |
| 3.3.4    | Berücksichtigung von Dachflächen.....                         | 12       |
| 3.3.5    | Berechnungsdauer .....                                        | 13       |
| 3.4      | Software der 2D-Oberflächenberechnung .....                   | 13       |
| 3.5      | Modellgrenze .....                                            | 15       |
| 3.6      | Hochwassergefahrenkarte/Oberflächengewässer .....             | 18       |
| 3.7      | Geländemodell.....                                            | 19       |
| 3.8      | Oberflächenrauheit .....                                      | 20       |
| 3.9      | Niederschlag.....                                             | 22       |
| 3.10     | Plausibilisierung der Berechnungsergebnisse .....             | 24       |
| 3.11     | Ergebnis Szenario 1: $T_n = 30$ a.....                        | 25       |
| 3.12     | Ergebnis Szenario 2: $T_n = 100$ a.....                       | 27       |
| 3.13     | Ergebnis Szenario 3: 90 mm in 60 Minuten .....                | 29       |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4 Risikoanalyse.....</b>                                      | <b>31</b> |
| 4.1 Analyse der Überflutungsgefährdung .....                     | 32        |
| 4.1.1 Ausdehnungskarte.....                                      | 32        |
| 4.1.2 Animation.....                                             | 33        |
| 4.1.3 Kritische Objekte mit öffentlichem Bezug .....             | 33        |
| 4.1.4 Gefährdung durch Wasserstand und Fließgeschwindigkeit..... | 36        |
| 4.1.5 Strömungsintensität.....                                   | 39        |
| 4.1.6 Vollständig umschlossene Gebäude/Bauwerke.....             | 40        |
| 4.1.7 Potenziell gefährdete Verkehrsinfrastruktur .....          | 41        |
| 4.2 Schadenspotenzial/Vulnerabilität.....                        | 42        |
| 4.3 Ermittlung und Bewertung des Überflutungsrisikos .....       | 43        |
| 4.4 Risikokarte .....                                            | 46        |
| <b>5 Zusammenfassung .....</b>                                   | <b>47</b> |

---

## Abbildungsverzeichnis

---

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Bausteine des Starkregenrisikomanagements (Illgen, 2019) .....                                    | 3  |
| Abbildung 2: Bewertungskategorien des ortsbezogenen Starkregenindex .....                                      | 10 |
| Abbildung 3: Daten aus KOSTRA-DWD Atlas in Bezug auf den Starkregenindex<br>und den Warnkriterien des DWD..... | 11 |
| Abbildung 4: Modellrand des 2D-Oberflächenmodells .....                                                        | 16 |
| Abbildung 5: Modellrand des gekoppelten 2D-Oberflächenmodells (Szenario 1). ..                                 | 17 |
| Abbildung 6: Plausibilisierung der Berechnungsergebnisse .....                                                 | 24 |
| Abbildung 7: Wasserstände Starkregengefahrenkarte Szenario 1 (Ausschnitt) ...                                  | 25 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 8: Fließgeschwindigkeiten Starkregengefahrenkarte Szenario 1.....   |    |
| (Ausschnitt) .....                                                            | 26 |
| Abbildung 9: Wasserstände Starkregengefahrenkarte Szenario 2 (Ausschnitt) ... | 27 |
| Abbildung 10: Fließgeschwindigkeiten Starkregengefahrenkarte Szenario 2.....  |    |
| (Ausschnitt) .....                                                            | 28 |
| Abbildung 11: Wasserstände Starkregengefahrenkarte Szenario 3 (Ausschnitt) .  | 29 |
| Abbildung 12: Fließgeschwindigkeiten Starkregengefahrenkarte Szenario 3.....  |    |
| (Ausschnitt) .....                                                            | 30 |
| Abbildung 13: Ausdehnungskarte (Ausschnitt).....                              | 32 |
| Abbildung 14: Kritische Objekte in Meerbusch .....                            | 35 |
| Abbildung 15: Strömungsintensität Szenario 2.....                             | 39 |
| Abbildung 16: Von Wasser vollständig umschlossene Gebäude (Ausschnitt).....   | 40 |
| Abbildung 17: Gefährdete Verkehrsinfrastruktur Szenario 3 (Ausschnitt) .....  | 41 |
| Abbildung 18: Ermittlung des Risikos (LUBW, angelehnt an Grünewald, 2005)...  | 43 |

---

## Tabellenverzeichnis

---

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Potenzielle Gefahren bei unterschiedlichen Überflutungstiefen.....     | 6  |
| Tabelle 2: Potenzielle Gefahren bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten .... | 7  |
| Tabelle 3: Rauheitswerte in Abhängigkeit der Flächennutzung (Szenario 1) .....    | 20 |
| Tabelle 4: Rauheitswerte in Abhängigkeit der Flächennutzung .....                 |    |
| (Szenario 2 und 3).....                                                           | 21 |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 5: Abschätzung möglicher Schäden für verschiedene kritische Objekte ..... |    |
| (Beispiele) .....                                                                 | 34 |
| Tabelle 6: Bewertung der Gefährdung kritischer Objekte durch Kombination aus ...  |    |
| Überflutungstiefe und Fließgeschwindigkeit .....                                  | 36 |
| Tabelle 7: Schadenspotenzialklassen nach DWA-M119 .....                           | 42 |
| Tabelle 8: Schadenspotenzialklassen in der Stadt Meerbusch .....                  | 43 |
| Tabelle 9: Risikomatrix $T_n = 30$ a.....                                         | 44 |
| Tabelle 10: Risikomatrix $T_n = 100$ a.....                                       | 44 |
| Tabelle 11: Risikomatrix $h_N = 90$ mm/h .....                                    | 44 |

---

## Planverzeichnis

---

| Blatt-Nr.: | Bezeichnung                                                                  | Maßstab    | Plan-Nr.:   |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|
| 1          | Übersichtskarte Maximaler Wasserstand<br>Szenario 1: $T_n = 30$ a            | 1 : 5.000  | 30098-01/01 |
| 2          | Übersichtskarte Maximaler Wasserstand<br>Szenario 2: $T_n = 10$ a            | 1 : 15.000 | 30098-01/02 |
| 3          | Übersichtskarte Maximaler Wasserstand<br>Szenario 3: 90 mm/h                 | 1 : 15.000 | 30098-01/03 |
| 4          | Übersichtskarte Maximale Fließgeschwindigkeiten<br>Szenario 1: $T_n = 30$ a  | 1 : 5.000  | 30098-01/04 |
| 5          | Übersichtskarte Maximale Fließgeschwindigkeiten<br>Szenario 2: $T_n = 100$ a | 1 : 15.000 | 30098-01/05 |
| 6          | Übersichtskarte Maximale Fließgeschwindigkeiten<br>Szenario 3: 90 mm/h       | 1 : 15.000 | 30098-01/06 |
| 7          | Übersichtskarte Ausdehnungskarte                                             | 1 : 15.000 | 30098-01/07 |
| 8          | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                              | 1 : 5.000  | 30098-01/08 |
| 9          | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                              | 1 : 5.000  | 30098-01/09 |
| 10         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                              | 1 : 5.000  | 30098-01/10 |
| 11         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                              | 1 : 5.000  | 30098-01/11 |

| Blatt-Nr.: | Bezeichnung                                                                   | Maßstab    | Plan-Nr.:   |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|
| 12         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/12 |
| 13         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/13 |
| 14         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/14 |
| 15         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/15 |
| 16         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/16 |
| 17         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/17 |
| 18         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/18 |
| 19         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/19 |
| 20         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/20 |
| 21         | Übersichtskarte Risikoanalyse kritische Objekte                               | 1 : 5.000  | 30098-01/21 |
| 22         | Übersichtskarte Gefährdungsanalyse Ausdehnungskarte Szenario 1: $T_n = 30$ a  | 1 : 15.000 | 30098-01/52 |
| 23         | Übersichtskarte Gefährdungsanalyse Ausdehnungskarte Szenario 2: $T_n = 100$ a | 1 : 15.000 | 30098-01/53 |
| 24         | Übersichtskarte Gefährdungsanalyse Ausdehnungskarte Szenario 3: 90 mm/h       | 1 : 15.000 | 30098-01/54 |
| 25         | Übersichtskarte Befahrbarkeit Verkehrsflächen Szenario 1: $T_n = 30$ a        | 1 : 10.000 | 30098-01/55 |
| 26         | Übersichtskarte Befahrbarkeit Verkehrsflächen Szenario 2: $T_n = 100$ a       | 1 : 10.000 | 30098-01/56 |
| 27         | Übersichtskarte Befahrbarkeit Verkehrsflächen Szenario 3: 90 mm/h             | 1 : 10.000 | 30098-01/57 |

### Anlagen:

01 Niederschlagstabelle KOSTRA-DWD Atlas 2010R

02 Zuordnung Schadenspotenzialklassen zu Gebäudefunktion in den ALKIS Daten

03 Animation Szenario 2 (digital)

04 Animation Szenario 3 (digital)

05 Risikosteckbriefe für fünf Objekte

# 1      **Veranlassung und Vorgehen**

Das Thema Gefahren aus Starkregen (urbane Sturzfluten) ist auch im Jahr 2022/2023 aktuell und zu beachten. Im Juni und Juli 2021 wurde in den Medien über außergewöhnliche und extreme Starkregen nahezu wöchentlich bis täglich berichtet. Der Deutsche Wetterdienst, die WarnApp NINA und auch die Unwetterzentrale haben vor diesen Ereignissen nahezu täglich gewarnt. Die Hochwasserkatastrophe am 14./15. Juli 2021 hat in vielen Regionen von NRW, in weiteren Bundesländern und benachbarten Ländern zu großen materiellen und umweltrelevanten Schäden geführt und leider sind auch Todesfälle zu beklagen.

Starkregenereignisse (pluviale Ereignisse) sind meist sehr lokal und schwer vorherzusagen, so dass oft flächig entsprechende Warnungen ausgegeben werden. Betroffen von einem extremen Starkregen sind dann jedoch nur einzelne Kommunen bzw. ggf. sogar nur einzelne Stadtteile. Ein Starkregenereignis weist große Niederschlagsmengen und eine hohe Intensität auf. Die Auswirkungen eines Starkregenereignisses treten zum Teil abseits und unabhängig von Gewässern auf. Daher wird ein Starkregenereignis auch als urbane Sturzflut bezeichnet. Der Abfluss des Niederschlagswassers erfolgt über die Geländeoberfläche und führt zu Überschwemmungen in Siedlungsgebieten. Das Wasser sammelt sich in Geländesenken bzw. -mulden. Sofern das abfließende Wasser in ein Gewässer gelangt, kann dies zu einem Hochwasser im Gewässer führen bzw. dies verstärken.

Für Oberflächengewässer gibt es separat die EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie. Bei einem Gewässerhochwasser tritt das Oberflächenwasser über die Ufer (fluviale Ereignisse). Die Überflutung breitet sich ausgehend vom Gewässerlauf in die angrenzenden Bereiche aus.

Infolge des Klimawandels wird von einer Zunahme der außergewöhnlichen und extremen Starkregenereignisse ausgegangen. Das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen hat die „Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement – Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW“ im November 2018 veröffentlicht. Für die Stadt Meerbusch wurde ein Starkregenkonzept gemäß Arbeitshilfe erstellt, um auf kommunaler Ebene Ergebnisse vorliegen zu haben. Im Nachgang können entsprechende bauliche Maßnahmen geplant und umgesetzt werden,

damit Schäden durch Starkregenereignisse vermieden oder zumindest minimiert werden. Denn das Starkregenereignis an sich kann nicht verhindert werden. Im Fokus stehen hier öffentliche Einrichtungen, Infrastruktur und Objekte.

Gemäß Arbeitshilfe werden dabei die folgende drei Arbeitsschritte bearbeitet:

1. Gefährdungsanalyse
2. Risikoanalyse und
3. Handlungskonzept

Ziele sind u.a. eine Erweiterung des Risikobewusstseins, eine Informationsgrundlage und die Möglichkeit einer Beratung der potenziell betroffenen Bürger sowie eine Anpassung und Verbesserung der Einsatzplanung.

Die Erstellung eines Starkregenrisikomanagements wird derzeit vom Land NRW gefördert. Die Zuständigkeit liegt bei der Bezirksregierung Düsseldorf.

Starkregenrisikomanagement lässt sich zeitlich in verschiedene Phasen unterteilen. Die folgende Abbildung 1 veranschaulicht die einzelnen Phasen. Als eine der Phasen ist die Vorsorge zu nennen, die sowohl öffentlich als auch privat erfolgen muss. Irgendwann während der Vorsorge tritt ein Starkregenereignis ein und das Ereignis muss bewältigt werden. Nach der Bewältigung sind Aufräumarbeiten und Schäden zu beheben. Diese Phase kann als Regeneration bezeichnet werden. Dieser Phase schließt sich eine erneute Phase der Vorsorge an, welche die Erkenntnisse aus der Bewältigungs- und Regenerationsphase berücksichtigt.





**Abbildung 1: Bausteine des Starkregenrisikomanagements (Illgen, 2019)**

Die Vermeidung und/oder Minderung von Schäden ist kommunale Aufgabe und auch Aufgabe jedes Einzelnen (u. a. auch gem. § 5 WHG, Regelung allgemeiner Sorgfalts-pflichten). Es besteht kein Anspruch darauf, dass Schäden von der öffentlichen Hand ge-tragen werden.

## 2 Verwendete Unterlagen und Verwendete Software

Bei der Bearbeitung wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement (LANUV NRW, Nov. 2018)
- Leitfaden kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg (LUBW, Dez. 2016)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2018): Integrale Konzepte zum kommunalen Sturzflut-Risikomanagement, München
- Freeman, G.T. (1991): Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid, Computers and Geosciences
- DWA Merkblatt DWA M 119

- ALKIS Daten (OpenData Land NRW (2022), „Datenlizenz Deutschland – Zero“ (dl-de/zero-2-0))
- Laserscandaten DGM1L (OpenData Land NRW (2022), „Datenlizenz Deutschland – Zero“ (dl-de/zero-2-0))
- GSK3C Einzugsgebiete (OpenData Land NRW (2022), „Datenlizenz Deutschland – Zero“ (dl-de/zero-2-0))
- Luftbilder (OpenData Land NRW (2022), „Datenlizenz Deutschland – Zero“ (dl-de/zero-2-0))
- Bauwerkpläne Sonderbauwerk (Stadt Meerbusch)
- Kanalnetzdaten, ISYBAU Format (Stadt Meerbusch)
- KOSTRA-DWA-2010R Atlas (während der Gefährdungsanalyse gültig)

Bei der Bearbeitung wurde folgende Software eingesetzt:

- QGIS 3.28
- HiPIMS (high-performance integrated modelling system for hydraulic and hydrological simulations) (Ph. D. Luke Smith, Newcastle University)
- ++ System (Tander)/Geo CPM
- LASER\_AS-2D (Hydrotec)

## **3 Gefährdungsanalyse**

### **3.1 Gefahren**

Bei einem Starkregenereignis entstehen durch die Wassertiefe und durch die Fließgeschwindigkeit Gefahren. Als Wassereintrittsmöglichkeiten bzw. Schwachstellen an Gebäuden sind zu nennen:

1. Eindringen von Grundwasser durch Kellerwände/-sohle (aufstauendes Sickerwasser)
2. In der Wand aufsteigendes Kapillarwasser
3. Eindringen von Rückstauwasser durch die Kanalisation
4. Eindringen von Grundwasser durch undichte Fugen oder durch Umläufigkeiten bei Hausanschlüssen (Rohrwege, Kabel, die i.d.R. nicht druckwasserdicht in das Mauerwerk eingebettet sind)
5. Eindringen von Oberflächenwasser durch Tür-/Fensteröffnungen (Erdgeschoss und Keller), Lichtschächte, tiefliegende Garagen
6. Wassereintritt über undichte Rohrdurchführungen (Strom, Gas, Öl, Abwasser)
7. Bei Starkregen, besonders bei verstopften Dachrinnen und Fallrohren, schießt das Wasser über die Dachrinnen hinweg, läuft an den Hauswänden herunter und gelangt so in sensible Bereiche und zu Gebäudeöffnungen (Daher ist eine regelmäßige Wartung wichtig!)

In den folgenden beiden Tabellen sind potenzielle Gefahren für die menschliche Gesundheit und für die Infrastruktur bedingt durch Überflutungstiefe bzw. Fließgeschwindigkeiten aufgelistet.

**Tabelle 1: Potenzielle Gefahren bei unterschiedlichen Überflutungstiefen**

| <b>Überflutungstiefe</b> | <b>Potenzielle Gefahren für die menschliche Gesundheit</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Potenzielle Gefahren für Infrastruktur und Objekte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 – 50 cm               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- volllaufende Keller können das Öffnen von Kellertüren gegen den Wasserdruck verhindern</li> <li>- für (Klein-)Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens bereits bei niedrigen Überflutungstiefen</li> <li>- Stromschlag-Gefahr durch überflutete Stromverteiler im Keller</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Überflutung und Wassereintritt durch ebenerdige Kellerfenster oder ebenerdige Lichtschächte von Kellerfenstern</li> <li>- Wassereintritt in tieferliegende Gebäudeteile, z. B. Souterrain-Wohnungen, (Tief-) Garageneinfahrten, U-Bahn-Zugänge</li> <li>- Hohe Wasserstände in Unterführungen</li> <li>- Wassereintritt durch ebenerdige Türen mit möglicher Schädigung von Inventar</li> <li>- Wassereintritt auch durch höher gelegene Kellerfenster möglich</li> </ul> |
| 50 – 100 cm              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- s.o.</li> <li>- Gefahr für die menschliche Gesundheit durch Treibgut oder nicht sichtbare Unebenheiten unter der Wasseroberfläche</li> <li>- Gefahr des Ertrinkens für Kinder und Erwachsene</li> </ul>                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wassereintritt auch bei erhöhten Eingängen möglich</li> <li>- Gefahr für öffentliche Infrastruktureinrichtungen (Strom, Telekommunikation)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| > 100 cm                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- s.o.</li> <li>- Gefahr für die menschliche Gesundheit (Leib und Leben) bei statischem Versagen und Bruch von Wänden</li> </ul>                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mögliches Versagen von Bauwerksteilen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Tabelle 2: Potenzielle Gefahren bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten**

| Fließgeschwindigkeit | Potenzielle Gefahren für die menschliche Gesundheit/Leib und Leben                                                                                                                                                                                                                                                                          | Potenzielle Gefahren für Infrastruktur und Objekte                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| > 0,2 – 0,5 m/s      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahr für ältere, bewegungseingeschränkte Bürger und Kinder beim Queren des Abflusses</li> </ul>                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Versagen von Türdichtungen durch erhöhten Druck</li> </ul>                                                                                                                                                                     |
| > 0,5 – 2 m/s        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahr für die menschliche Gesundheit/Leib und Leben beim Versuch, sich durch den Abflussstrom zu bewegen</li> </ul>                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Möglicher Bruch von Wänden durch Kombination von hohen statischen und dynamischen Druckkräften</li> </ul>                                                                                                                      |
| > 2 m/s              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahr für die menschliche Gesundheit/Leib und Leben bei Versagen von Bauwerksteilen</li> <li>- Gefahr durch mitgeführte größere Feststoffe (z. B. Container, Auto, Baumstamm etc.)</li> <li>- Versagen von Bauwerkselementen in Folge von Unterspülung</li> <li>- Queren des Abflusses</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch erhöhte dynamische Druckkräfte</li> <li>- Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch mitgeführte Feststoffe</li> <li>- Beschädigung der Bausubstanz durch Unterspülung</li> </ul> |

## 3.2 2D-Oberflächenberechnung

Die Gefährdungsanalyse erfolgt mit Hilfe einer instationären 2D-Oberflächenberechnung. Ergebnisse der Berechnungen sind Darstellungen:

- der Überflutungsausdehnung
- der Überflutungstiefe [m]
- der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit [m/s]

in den so genannten Starkregengefahrenkarten, in der jeweils die Maximalwerte aus dem Szenario dargestellt werden.

Starkregengefahrenkarten stellen die Gefahren durch Überflutung infolge starker Abflussbildung auf der Geländeoberfläche infolge eines Starkregens dar.

Die Starkregengefahrenkarten dienen zudem der Identifikation von Risiken. Die Karten bilden die Grundlage zur Verortung der zu treffenden Vorsorgemaßnahmen und sind Grundlage für die Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen für den Fall eines Starkregenereignisses. Starkregengefahrenkarten zeigen die Fließwege des Oberflächenabflusses zum oberirdischen Gewässer auf.

Die Starkregengefahrenkarten bilden die Grundlage für die Risikoanalyse.

In den folgenden Kapiteln werden die angesetzten Randbedingungen und Eingangsdaten näher beschrieben. Ebenso erfolgt eine Beschreibung der Ergebnisse der zwei berechneten Szenarien.

## 3.3 Hinweise

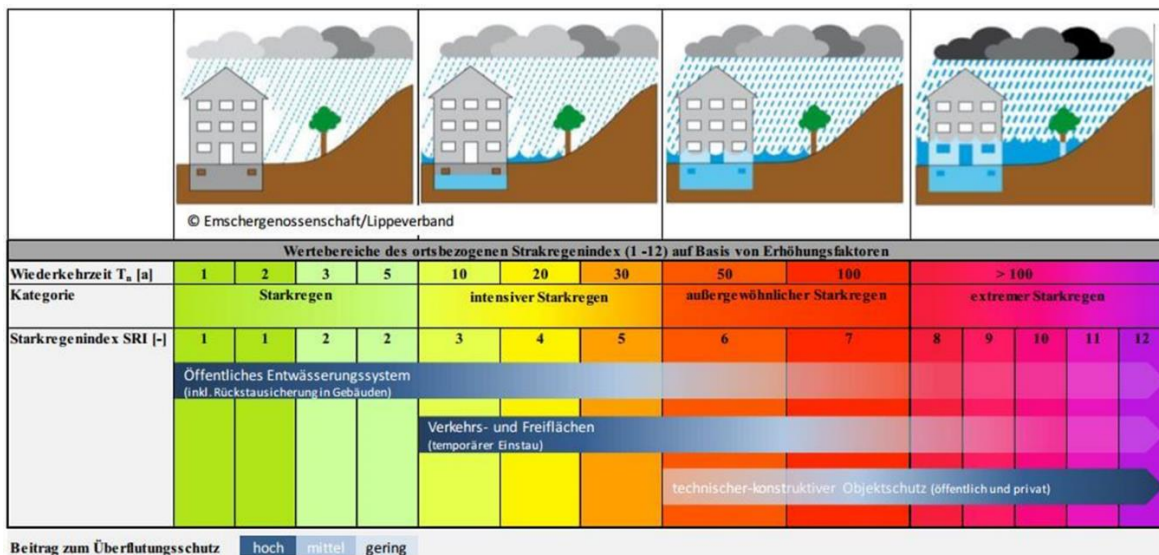
### 3.3.1 Definition und Unterscheidung von Starkregenereignissen

Starkregenereignisse sind meist sehr lokal begrenzte Niederschlagsereignisse mit einer großen Niederschlagsmenge und einer hohen Intensität. Eine Sturzflut verfügt über hohe Strömungskräfte. Oft werden größere Mengen an Treibgut und erodiertes Material mitgerissen. Von diesem Material gehen weitere Gefahren aus. Bei einem Starkregenereignis entstehen oft hohe bzw. sehr hohe Schäden.

Starkregen werden in der Regel nach Dauerstufen und Wiederkehrzeit extremwertstatistisch analysiert, sodass ein Niederschlagsereignis durch die drei Parameter Regendauer  $D$ , Wiederkehrzeit  $T_n$  und Regenhöhe  $h_N$  charakterisiert wird. Die Einordnung/Einstufung eines Niederschlages anhand der oben genannten Kriterien ist in der Kommunikation mit Laien (Bürgern) schwer vermittelbar. Daher wurde zur Risikokommunikation als allgemeinverständliche Vermittlung des Charakters von Starkregen als „extremes Naturphänomen“ der Starkregenindex (SRI12) nach Schmitt im Merkblatt DWA-M 119 als Instrument aufgeführt. Der dimensionslose Starkregenindex zeigt mit aufsteigenden Werten eine immer größer werdende Überflutungsgefahr an. Der zwölfstufige Starkregenindex umfasst vier Starkregenkategorien:

- Starkregen
- Intensiver Starkregen
- Außergewöhnlicher Starkregen
- Extremer Starkregen

Die folgende Abbildung 2 zeigt die vier Starkregenkategorien in Verbindung mit dem Starkregenindex sowie einer schematischen Darstellung der Überflutungshöhe je Starkregenkategorie.



Quelle: Schmitt, Theo G., et al. (2018): Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. In: Korrespondenz Abwasser (KA 65/2), S. 113-120)

### Abbildung 2: Bewertungskategorien des ortsbezogenen Starkregenindex

Die Warnkriterien vom DWD bezüglich Starkregen sind in drei Stufen eingeteilt:

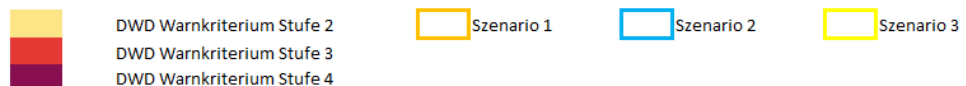
- Stufe 2: Starkregen  
15 bis 25 l/m<sup>2</sup> in 1 Stunde bzw. 20 bis 35 l/m<sup>2</sup> in 6 Stunden
- Stufe 3: Heftiger Starkregen  
25 bis 40 l/m<sup>2</sup> in 1 Stunde bzw. 35 bis 60 l/m<sup>2</sup> in 6 Stunden
- Stufe 4: Extrem heftiger Starkregen  
40 l/m<sup>2</sup> in 1 Stunde bzw. > 60 l/m<sup>2</sup> in 6 Stunden

Die folgende Abbildung 3 zeigt die Daten für die KOSTRA-DWD Atlas Kachel für die Stadt Meerbusch in Bezug auf den Starkregenindex und die Warnkriterien des DWD. Ebenso sind in der Abbildung die bei der Gefahrenanalyse berechneten Szenarien markiert.

Das Szenario 1 ( $T_n = 30$  a) wird einem intensiven Starkregen mit einem Starkregenindex von SRI 4 bis 5 zugeordnet. Das Szenario 2 ( $T_n = 100$  a) entspricht somit einem außergewöhnlichen Starkregen mit Starkregenindex von SRI 7. Das Szenario 3 (90 mm/h) betrachtet ein extremes Starkregenereignis mit einem Starkregenindex von SRI 10.



| Wiederkehrzeit $T_n$ [a] | 1                          | 2    | 3,3  | 5    | 10                    | 20   | 25   | 33,3 | 50                | 100  | > 100               |             |             |             |             |         |       |
|--------------------------|----------------------------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|-------------------|------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|-------|
| Kategorie                | Starkregen                 |      |      |      | Intensiver Starkregen |      |      |      | Außergewöhnlicher |      | Extremer Starkregen |             |             |             |             |         |       |
| Starkregenindex SRI [-]  | 1                          | 1    | 2    | 2    | 3                     | 4    | 4    | 5    | 6                 | 7    | 8                   | 9           | 10          | 11          | 12          |         |       |
| Erhöhungsfaktor [-]      |                            |      |      |      |                       |      |      |      |                   |      | 1                   | 1,20 - 1,39 | 1,40 - 1,59 | 1,60 - 2,19 | 2,20 - 2,79 | >= 2,80 |       |
| Dauertiefe D             | Niederschlagshöhe h N [mm] |      |      |      |                       |      |      |      |                   |      |                     |             |             |             |             |         |       |
| 5 min                    | 4,8                        | 6,2  | 7,2  | 8,1  | 9,5                   | 10,9 | 11,3 | 11,9 | 12,7              | 14,2 | 17,0                | 19,7        | 19,9        | 22,6        | 22,7        | 31,1    | 31,2  |
| 10 min                   | 7,6                        | 9,6  | 11   | 12,2 | 14,1                  | 16,1 | 16,7 | 17,5 | 18,6              | 20,6 | 24,7                | 28,6        | 28,8        | 32,8        | 33,0        | 45,1    | 45,3  |
| 15 min                   | 9,5                        | 11,9 | 13,6 | 15   | 17,4                  | 19,7 | 20,5 | 21,5 | 22,8              | 25,2 | 30,2                | 35,0        | 35,3        | 40,1        | 40,3        | 55,2    | 55,4  |
| 20 min                   | 10,8                       | 13,5 | 15,5 | 17,1 | 19,8                  | 22,5 | 23,4 | 24,5 | 26,1              | 28,8 | 34,6                | 40,0        | 40,3        | 45,8        | 46,1        | 63,1    | 63,4  |
| 30 min                   | 12,6                       | 15,9 | 18,2 | 20,2 | 23,5                  | 26,7 | 27,8 | 29,1 | 31,1              | 34,3 | 41,2                | 47,7        | 48,0        | 54,5        | 54,9        | 75,1    | 75,5  |
| 45 min                   | 14,1                       | 18,1 | 20,9 | 23,3 | 27,3                  | 31,2 | 32,5 | 34,2 | 36,5              | 40,5 | 48,6                | 56,3        | 56,7        | 64,4        | 64,8        | 88,7    | 89,1  |
| 60 min                   | 15                         | 19,5 | 22,8 | 25,6 | 30,1                  | 34,6 | 36,1 | 38   | 40,7              | 45,2 | 54,2                | 62,8        | 63,3        | 71,9        | 72,3        | 99,0    | 99,4  |
| 90 min                   | 16,5                       | 21,3 | 24,7 | 27,6 | 32,4                  | 37,1 | 38,7 | 40,7 | 43,5              | 48,2 | 57,8                | 67,0        | 67,5        | 76,6        | 77,1        | 105,6   | 106,0 |
| 2 h                      | 17,6                       | 22,6 | 26,2 | 29,1 | 34,1                  | 39   | 40,6 | 42,7 | 45,6              | 50,5 | 60,6                | 70,2        | 70,7        | 80,3        | 80,8        | 110,6   | 111,1 |
| 3 h                      | 19,4                       | 24,6 | 28,3 | 31,5 | 36,7                  | 41,9 | 43,6 | 45,7 | 48,8              | 54   | 64,8                | 75,1        | 75,6        | 85,9        | 86,4        | 118,3   | 118,8 |
| 4 h                      | 20,7                       | 26,1 | 30   | 33,2 | 38,6                  | 44   | 45,8 | 48   | 51,2              | 56,6 | 67,9                | 78,7        | 79,2        | 90,0        | 90,6        | 124,0   | 124,5 |
| 6 h                      | 22,7                       | 28,4 | 32,5 | 35,9 | 41,6                  | 47,3 | 49,1 | 51,5 | 54,8              | 60,5 | 72,6                | 84,1        | 84,7        | 96,2        | 96,8        | 132,5   | 133,1 |
| 9 h                      | 25                         | 31   | 35,3 | 38,9 | 44,8                  | 50,8 | 52,7 | 55,2 | 58,7              | 64,7 | 77,6                | 89,9        | 90,6        | 102,9       | 103,5       | 141,7   | 142,3 |
| 12 h                     | 26,7                       | 32,9 | 37,4 | 41,1 | 47,3                  | 53,5 | 55,5 | 58   | 61,6              | 67,8 | 81,4                | 94,2        | 94,9        | 107,8       | 108,5       | 148,5   | 149,2 |
| 18 h                     | 29,4                       | 35,9 | 40,6 | 44,5 | 51                    | 57,5 | 59,6 | 62,3 | 66,1              | 72,6 | 87,1                | 100,9       | 101,6       | 115,4       | 116,2       | 159,0   | 159,7 |
| 1 d                      | 31,4                       | 38,1 | 43   | 47,1 | 53,8                  | 60,5 | 62,7 | 65,5 | 69,5              | 76,2 | 91,4                | 105,9       | 106,7       | 121,2       | 121,9       | 166,9   | 167,6 |
| 2 d                      | 39,1                       | 46,6 | 51,9 | 56,4 | 63,8                  | 71,2 | 73,6 | 76,7 | 81                | 88,5 | 106,2               | 123,0       | 123,9       | 140,7       | 141,6       | 193,8   | 194,7 |
| 3 d                      | 44,5                       | 52,3 | 58   | 62,7 | 70,5                  | 78,3 | 80,8 | 84,1 | 88,7              | 96,5 | 115,8               | 134,1       | 135,1       | 153,4       | 154,4       | 211,3   | 212,3 |



(Quelle der DWD Warnkriterien:

[https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen\\_aktuell/kriterien/warnkriterien.html?nn=605882](https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen_aktuell/kriterien/warnkriterien.html?nn=605882))

**Abbildung 3: Daten aus KOSTRA-DWD Atlas in Bezug auf den Starkregenindex und den Warnkriterien des DWD**

Als Anlage ist die Tabelle aus dem KOSTRA-DWD Atlas 2010R für die Stadt Meerbusch beigefügt, der zum Zeitpunkt der Bearbeitung gültig war.

### 3.3.2 Kanalsystem

Anfallendes Niederschlagswasser von befestigten Flächen wie z. B. Straßen und Dächern wird gezielt über Sinkkästen bzw. Fallrohren dem unterirdischen Entwässerungssystem zugeführt. Die Dimensionierung des Kanalsystems sorgt für einen ausreichenden Entwässerungskomfort.

Bei den Simulationen für die Starkregengefahrenkarte stellt das Kanalsystem eine Randbedingung dar, die differenziert betrachtet werden muss. Modelltechnisch gesehen, kann das Kanalnetz vernachlässigt, ein pauschaler Abschlag für das Kanalsystem angesetzt oder eine gekoppelte Berechnung durchgeführt werden.

Die Dimensionierung des städtischen Kanalnetzes erfolgt für Regenereignisse mit einer Jährlichkeit von bis zu  $T_n = 5$  a. Die Straßeneinläufe sind in der Regel nicht in der Lage

die Wassermengen eines Starkregenereignisses aufzunehmen, so dass das Kanalnetz in der Regel eine untergeordnete Rolle spielt.

Das Szenario 1 wurde gekoppelt gerechnet. Das bedeutet, dass bei der Simulation ein Abfluss auf der Geländeoberfläche und ein Abfluss im Kanal berechnet wird und dabei ein Wasseraustausch zwischen dem Abfluss auf der Geländeoberfläche und dem Kanalnetz bidirektional erfolgen kann. Die Kanalnetzdaten wurden vom Auftraggeber im ISYBAU-Format übergeben. Die Daten wurden in ++System importiert und plausibilisiert. Die Sonderbauwerke im Kanalnetz wurden entsprechend der Bauwerksunterlagen ins Modell integriert. Um einen Austausch zwischen Schächten und der Geländeoberfläche zu ermöglichen, wurden die Deckelhöhen einiger Schächte des Regenwasserkanals an die entsprechende Geländehöhe angepasst. Die Bachdurchlässe, soweit die Daten vorhanden sind, wurden im Kanalnetzmodell eingepflegt. Bei den Schächten der Bachdurchlässe findet der Austausch zwischen Kanalnetz- und 2D-Oberflächenmodell auf Sohlhöhen der Gewässer statt, daher wurden bei den Bachdurchlässen die Schachtsohlhöhen an die Bachsohle angepasst.

Bei der 2D-Modellierung des Szenario 2 und Szenario 3 wurde das Kanalsystem nicht berücksichtigt. Bei einem Starkregen der statistisch gesehen einmal in Hundertjahren (Szenario 2) bzw. statistisch gesehen wesentlich seltener als einmal in Hundertjahren (Szenario 3) auftritt sind die Einlaufstrukturen der Entwässerungssysteme deutlich überlastet. Bei der Simulation verbleibt das Wasser vollständig auf der Oberfläche.

### **3.3.3 Versickerung**

Die Leistungsfähigkeit der Versickerung von Niederschlagswasser in den Untergrund (Boden) ist bei den Niederschlagsbedingungen der drei Szenarien in der Regel überschritten. Daher wird eine Versickerung des Niederschlages bei der Modellberechnung nicht berücksichtigt und vernachlässigt.

### **3.3.4 Berücksichtigung von Dachflächen**

Im gekoppelten 2D-Oberflächenmodell für das Szenario 1 wurden alle Dachflächen mit einer Höhe von 10 m gebildet und die Neigung für alle Dachflächen auf Neigungsklasse 4 (> 10 %) angesetzt.

Die Dimensionierung der Dachrinne erfolgt für Regenereignisse mit einer Jährlichkeit von etwa  $T_n = 5$  a. Daher können die Dachrinnen grundsätzlich nur diesen Niederschlag ins Kanalnetz einleiten. Der restliche Niederschlag trägt zum Oberflächenabfluss bei. Um dieses zu realisieren, wurde im Kanalnetzmodell die Beregnung der Dachflächen auf die Niederschlagshöhe eines  $T_n = 5$  a begrenzt. Der restliche Teil des Niederschlags wird auf das angrenzende Gelände verteilt.

Das mit HiPIMS erstellte 2D-Oberflächenmodell für das Szenario 2 und Szenario 3 bildet die Dachflächen mit der tatsächlichen Höhe und Dachneigung ab. Es erfolgt kein Abzug von Niederschlagswasser für die Dachentwässerung. Die Dachentwässerung ist bei einem Starkregen (Szenario 2 und Szenario 3) überlastet, so dass das Niederschlagswasser nicht in das Kanalnetz gelangt, sondern auf die Oberfläche fällt.

### **3.3.5 Berechnungsdauer**

Bei der gekoppelten 2D-Oberflächenberechnung wurde der Niederschlag mit einer Dauerstufe von 60 Minuten verwendet. Um den Trockenwetterabfluss im Kanalnetz zu erzeugen, wurde eine Vorlaufzeit von 60 Minuten angesetzt. Die Nachlaufzeit der Berechnung beträgt 180 Minuten, damit das Kanalnetz und die Sonderbauwerke sich entleeren und zu einem Trockenwetterabfluss zurückgekehrt wird.

In der Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement NRW ist festgelegt, dass die Niederschlagsbelastung im Szenario 2 und Szenario 3 eine Dauer von 60 Minuten hat. Um auch die abfließende Welle mit abzubilden, erfolgt eine Berechnung von weiteren 60 Minuten als Nachlaufzeit. Die gesamte Berechnungsdauer beträgt somit zwei Stunden.

## **3.4 Software der 2D-Oberflächenberechnung**

Für die Bearbeitung großer Gebiete bedarf es spezialisierte und hochleistungsfähige Software, die auch das Maximum aus der vorhandenen Hardware benutzen kann. Dabei muss eine solche Software nach unserem Verständnis aber weiterhin beste Qualität liefern und sollte z. B. weiterhin eine echte 2D-Hydraulik mit einer vollständig gelösten Flachwassergleichung berechnen können.

Für die Starkregengeborechnungen des Szenarios 1 wurde eine gekoppelte 2D-Oberflächenberechnung durchgeführt. Hierfür wurde das Programm ++System (Kanal++/GeoCPM) von Tandler angewendet. Das Programm koppelt das 2D-Oberflächenmodell (GeoCPM) mit dem hydrodynamischen Kanalnetzmodell (Kanal++), in dem die Modellbereiche (Kanalnetz und Geländeoberfläche) in einem Modell vorgehalten werden und ein kontinuierlicher bidirektionaler Austausch zwischen den beiden Modellen über die Schächte stattfindet. D.h. es kann Wasser aus dem Kanalnetz auf die Oberfläche ausströmen, genauso kann aber auch an den Schächten Wasser von der Geländeoberfläche in den Kanal gelangen.

Für die hydrodynamische Kanalnetzberechnungen wird ein komplexes Parallelschrittverfahren (Lösung der St. Vernant'schen Differenzialgleichung) angewendet. Die 2D-Oberflächenberechnung basiert auf der Lösung der Flachwassergleichungen.

Für die instationäre hydraulische 2D-Oberflächenberechnungen von Szenario 2 und Szenario 3 haben wir die Software Hi-PIMS (high-performance integrated modelling system for hydraulic and hydrological simulations) eingesetzt. Die Software wurde von Ph. D. Luke Smith an der Newcastle University entwickelt und steht als OpenSource Produkt auf GITHUB zur Verfügung. Die Software wurde und wird beständig weiterentwickelt und durch seine Eigenschaft als „Open-Source-Framework“ kann es auch modular an verschiedene spezielle Fragestellungen angepasst werden.

Die Software nutzt für die Simulation den Arbeitsspeicher der Grafikkarte (GPU). Neben zahlreichen Einsätzen für andere Kommunen wurde mit HiPIMS auch erfolgreich das komplette Bundesland Nordrhein-Westfalen simulieren, was in der veröffentlichten Starkregenhinweiskarten zu sehen ist.

HiPIMS hat keine Benutzeroberfläche, sondern wird über die Kommandozeile gestartet. Mit einer xml-Datei (ASCII-Datei) wird die Simulation gesteuert. In der Datei müssen u.a. Angaben zur Berechnungsdauer, der Ausgabefrequenz der Ergebnisdaten, der Dateipfad zu den tif-Dateien des digitalen Höhenmodells und der Oberflächenrauheit sowie Angaben zur Niederschlagsbelastung angegeben werden.

Eine Berechnung von Modellgebieten ( $A \sim 50 \text{ km}^2$  mit Auflösung  $1 \times 1 \text{ m}$ ) erfolgt eine Berechnung nahezu in Echtzeit. D.h. eine 2h-Simulation benötigt in etwa auch zwei Stunden Rechenzeit.

Die 2D-Oberflächenberechnung erfolgt rasterbasiert. Bei der Berechnung der Gefahrenkarten für die Stadt Meerbusch wurden Rasterdateien mit einer Auflösung von 1 m x 1 m verwendet.

Bei der Simulation werden die 2D-Flachwassergleichungen gelöst. Dabei kommt die tiefenintegrierte Navier-Stokes Gleichungen mit der Annahme der Inkompressibilität zur Anwendung. Als numerisches Schema wird ein finites Volumen erster Ordnung des Godunov-Typs benutzt. Dieser kann nass/trocken Zustände abbilden. An den Zellgrenzen findet ein approximativer Riemann Solver nach Harten, Lax und van Leer Anwendung. Das System kann Schockwellen abbilden und vereinfacht den Transport der Geschwindigkeit nicht. Die Software rechnet mit adaptiven Zeitschrittweiten. Bei der Berechnung wird daher eine Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) Grenze von maximal 0,5 eingehalten. Dieses Kriterium liefert stabile und nicht oszillierende Berechnungsergebnisse. Die Manning-Koeffizienten (Oberflächenrauheit) werden mit einem numerisch stabilen impliziten Limiter abgebildet.

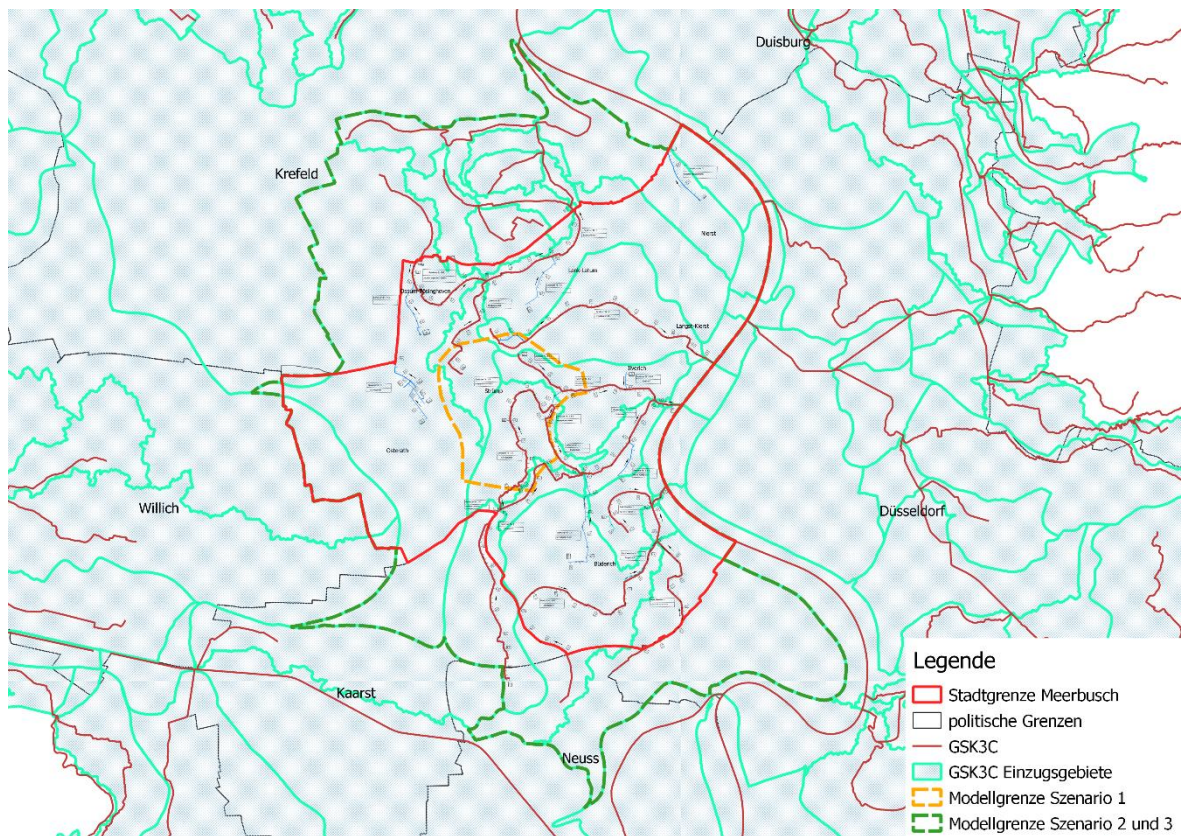
Die Berechnungen wurden in einer Google Cloud mit einer Hochleistungsgraphikkarte durchgeführt.

### **3.5 Modellgrenze**

Betrachtet werden soll das Stadtgebiet von Meerbusch ( $A = 64,4 \text{ km}^2$ ). Da sich ein Oberflächenabfluss nicht an politischen Grenzen orientiert, sondern an oberirdischen Einzugsgebieten, liegt die Modellgrenze vom 2D-Oberflächenmodell außerhalb der Stadtgrenze von Meerbusch.

Mit den Zuflussbereichen ergibt sich insgesamt eine Modellfläche von  $A = 109,6 \text{ km}^2$ . Die folgende Abbildung 4 zeigt die Modellgrenzen der 2D-Oberflächenmodelle.





**Abbildung 4: Modellrand des 2D-Oberflächenmodells**

Die folgende Abbildung zeigt die Modellgrenze der gekoppelten 2D-Oberflächenberechnung für das Szenario 1 im Detail. Die Modellgrenze ist so ermittelt worden, dass das Modellgebiet im Norden durch die A44, im Osten durch die alte Rheinschleife, im Süden durch die L26 Meerbuscher Straße und im Westen durch die A57 hydrologisch abgegrenzt wird. Das südliche Gewässereinzugsgebiet vom Mühlenbach wurde vernachlässigt, da die Gewässerhydraulik bei der Starkregenanalyse für Strümp nicht relevant ist.



**Abbildung 5: Modellrand des gekoppelten 2D-Oberflächenmodells (Szenario 1)**

### **3.6 Hochwassergefahrenkarte/Oberflächengewässer**

Im Stadtgebiet von Meerbusch sind gemäß der Gewässerstationierungskarte GSK3C folgende Oberflächengewässer vorhanden:

- Rhein
- Stingesbach
- Striebruchsbach
- Mühlenbach
- Langenbruchbach
- Die Bursbach
- Laacher Abzugsgraben
- Kalkgraben
- Grenzgraben
- Kringsgraben
- Kleingraben
- Hundshüttengraben
- Nierster Abzugsgraben
- Ossum-Bösinghovener Abzugsgraben
- N.N.

Im Rahmen der Umsetzung der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) wurden detaillierte Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten erarbeitet, die die flächenhafte Ausdehnung (Überschwemmungsflächen) von Hochwasserereignissen sowie vom Hochwasser betroffene Gebiete und Güter zeigen.

An der östlichen Stadtgrenze von Meerbusch fließt der Rhein. Der Rhein ist ein Gewässer 1. Ordnung. Für den Rhein wurden Hochwassergefahrenkarten erstellt. Für Risikogewässer werden eigenständige Vorsorgekonzepte erstellt.



### 3.7 Geländemodell

Das Land NRW stellt als OpenData Laserscandaten zur Verfügung. Die verwendeten Laserscandaten stammen aus einer Befliegung im Jahr 2015. Eine erneute Befliegung war vom Land für Anfang 2022 vorgesehen. Das Land NRW gibt eine Datenverfügbarkeit mit Ende 2022 an. Auf Grund des vorgesehenen Bearbeitungszeitraums konnte somit nicht auf die aktuelleren Daten gewartet werden. Verwendet wurde das digitale Höhenmodell mit einer Auflösung von 1 m x 1 m.

Die Laserscandaten stellen eine Momentaufnahme der Geländeoberfläche dar. Die Geländeoberfläche verändert sich jedoch in Bereichen täglich. Ein wichtiges Element bei der 2D-Oberflächenberechnung sind Fließhindernisse. Gebäude werden als Fließhindernisse bei der 2D-Oberflächenberechnung berücksichtigt. Seit der Laserscanbefliegung 2015 sind neue Gebäude entstanden. Es hat ein Abgleich der in den Laserscandaten enthaltenen Gebäuden mit den im vereinfachten Schema der ALKIS-Daten im Thema ave\_GebaeudeBauwerk enthaltenen Polygone stattgefunden. Die ALKIS-Daten wurden über am 24.01.2021 heruntergeladen. Im gesamten Modellgebiet wurden rund 1.000 Gebäude bzw. Gebäudeteile über das Luftbild identifiziert, die in den Laserscandaten bzw. in den ALKIS-Daten nicht enthalten sind. Diese wurden nachdigitalisiert. Die Gebäudefunktion wurde von der Stadt Meerbusch ermittelt und übergeben. Für diese Gebäude wurde im digitalen Höhenmodell eine konstante Höhe von  $h = 5$  m angesetzt. An 974 Polygonen der ALKIS-Daten konnte eine Differenz zum Luftbild festgestellt werden. Diese Differenzen betreffen die Lage und/oder die Geometrie.

Das Geländemodell muss hydraulisch plausibilisiert werden. Hierfür wurden zum einen die ALKIS-Daten für Bauwerke im Gewässerbereich und Bauwerke im Verkehrsbereich herangezogen. Ebenso wurde das ATKIS-BasisDLM für verrohrte Gewässerabschnitte genutzt. Hinzu kommt ein Durchlasskataster der Stadt Meerbusch.

Das korrigierte Geländemodell wird als georeferenzierte tif-Datei mit einer Auflösung von 1 m x 1 m bei der 2D-Oberflächenberechnung von Szenario 2 und Szenario 3 verwendet.

Die 2D-Oberflächenberechnung im GeoCPM finden auf einem unregelmäßigen Dreiecksnetz (TIN) statt. Das Dreiecksnetz wurde auf Basis des DGM1 (Auflösung 1 x 1 m) mit dem Programm LASER\_AS-2D trianguliert, dabei wurden Bruchkanten der Straßen und Gebäude berücksichtigt.

### 3.8 Oberflächenrauheit

Die Oberflächenrauheit leitet sich aus der Flächennutzung ab. In den ALKIS Daten, die vom Land als OpenData zur Verfügung gestellt werden, sind die Nutzungsdaten enthalten. Die Rauheitswerte entsprechen Literatur bzw. Erfahrungswerten. Die Oberflächenrauheit ist eine sensitive Eingangsgröße. Für die 2D-Oberflächenberechnungen wurden zwei unterschiedliche Softwarelösungen eingesetzt. Das Szenario 1 wurde gekoppelt gerechnet und benötigt die Oberflächenrauheit als Sandrauheit. Die Software für das Szenario 2 und das Szenario 3 hingegen benötigt die Eingabe eines Manning/Strickler-Werts. In der folgenden Tabelle sind die angesetzten Rauheitswerte in Abhängigkeit der Flächennutzung für das Szenario 1 aufgeführt.

**Tabelle 3: Rauheitswerte in Abhängigkeit der Flächennutzung (Szenario 1)**

| <b>AX_TatsaechlicheNutzung nach ALKIS</b> | <b>Sandrauheit <math>K_s</math><br/>[mm]</b> |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Straßenverkehr                            | 4                                            |
| Weg                                       | 10                                           |
| Platz                                     | 15                                           |
| Bahnverkehr                               | 20                                           |
| Wohnbaufläche                             | 60                                           |
| Industrie- und Gewerbefläche              | 80                                           |
| Fließgewässer                             | 140                                          |
| Stehendes Gewässer                        | 140                                          |
| Friedhof                                  | 150                                          |
| Landwirtschaft                            | 150                                          |
| Unland/Vegetationslose Fläche             | 150                                          |
| Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche     | 180                                          |
| Fläche besonderer funktionaler Prägung    | 200                                          |
| Fläche gemischter Nutzung                 | 200                                          |
| Wald                                      | 250                                          |
| Gehölz                                    | 300                                          |

Die folgende Tabelle 4 zeigt die angesetzten Rauheitswerte in Abhängigkeit der Flächennutzung im Szenario 2 und Szenario 3.

**Tabelle 4: Rauheitswerte in Abhängigkeit der Flächennutzung (Szenario 2 und 3)**

| <b>AX_TatsaechlicheNutzung nach ALKIS</b> |                                          | <b>k<sub>St</sub></b><br>[m <sup>1/3</sup> /s] |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Objektartengruppe:<br>Siedlung            | AX_Wohnbauflaeche                        | 45                                             |
|                                           | AX_IndustrieUndGewerbeflaeche            | 40                                             |
|                                           | AX_Halde                                 | 25                                             |
|                                           | AX_Bergbaubetrieb                        | 25                                             |
|                                           | AX_TagebauGrubeSteinbruch                | 25                                             |
|                                           | AX_FlaecheGemischterNutzung              | 18                                             |
|                                           | AX_FlaecheBesondererFunktionalerPraegung | 18                                             |
|                                           | AX_SportFreizeitUndErholungsflaeche      | 20                                             |
|                                           | AX_Friedhof                              | 36                                             |
| Objektartengruppe:<br>Verkehr             | AX_Strassenverkehr                       | 75                                             |
|                                           | AX_Weg                                   | 75                                             |
|                                           | AX_Platz                                 | 50                                             |
|                                           | AX_Bahnverkehr                           | 45                                             |
|                                           | AX_Flugverkehr                           | 75                                             |
|                                           | AX_Schiffsverkehr                        | 33                                             |
| Objektartengruppe:<br>Vegetation          | AX_Landwirtschaft                        | 36                                             |
|                                           | AX_Wald                                  | 15                                             |
|                                           | AX_Gehoelz                               | 5                                              |
|                                           | AX_Heide                                 | 36                                             |
|                                           | AX_Moor                                  | 36                                             |
|                                           | AX_Sumpf                                 | 36                                             |
|                                           | AX_UnlandVegetationsloseFlaeche          | 36                                             |
| Objektartengruppe:<br>Gewässer            | AX_Fliesssgewaesser                      | 33                                             |
|                                           | AX_Hafenbecken                           | 33                                             |
|                                           | AX_StehendesGewaesser                    | 33                                             |
|                                           | Dachflächen                              | 72                                             |

### 3.9 Niederschlag

Für siedlungswasserwirtschaftliche Aufgaben bzw. Fragestellungen wird in der Regel ein Niederschlag mit einer Dauer von 15-30 Minuten bei einer Jährlichkeit von 2 bis 5 Jahren verwendet. Bei einer Simulation einer urbanen Sturzflut infolge eines Starkregenereignisses führt der oben genannte klassische Ansatz jedoch zu einer geringen Abflussfülle. Bei Dauerstufen von mehreren Stunden hingegen entsteht in der Regel nicht die benötigte Intensität. Der Abfluss kann sich über die Zeit zu sehr verteilen.

Mit der Niederschlagsdauerstufe 1 Stunde werden zum einen kleinräumige Abflussspitzen infolge hoher Intensitäten erfasst, zum anderen können Sturzfluten modelliert werden, die sich in kleineren Gewässersystemen bilden.

Die Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement für NRW beschreibt drei verschiedene Szenarien für eine Niederschlagsbelastung des Oberflächenmodells.

- Szenario 1: ein seltenes Ereignis, das häufiger als ein 100-jährliches Ereignis auftritt, aber die Bemessung des Kanalnetzes noch deutlich überschreitet. Betrachtet wurde ein Niederschlagsereignis mit einer Jährlichkeit von 30 Jahren
- Szenario 2: ein außergewöhnliches Ereignis, welches regional differenziert durch ein statistisches Niederschlagsereignis (Dauer 1 Stunde) mit einer Jährlichkeit von 100 Jahren generiert wird und zu einem außergewöhnlichen Oberflächenabflussereignis führt
- Szenario 3: ein extremes Ereignis, welches durch ein extremes Niederschlagsereignis (90 mm in 1 Stunde) generiert wird und zu einem extremen Oberflächenabflussereignis führt

Die Niederschlagshöhe für das Szenario 1 (Euler II,  $T_n = 30$  a,  $D = 60$  min) wurde aus dem KOSTRA-DWD-2010R Atlas entnommen. Für das Stadtgebiet von Meerbusch (Kachel 8, 51) ergibt sich eine Niederschlagshöhe von  $h_N = 37,3$  mm. Die maximale Intensität beträgt 11,7 mm/5 min.

Für das Szenario 2 steht der KOSTRA-DWD-2010R Atlas bzw. eine Vorgabe des LANUV NRW zur Verfügung. Das LANUV stellt zentral eine Datei mit einem Wert je Gemeinde für Szenario 2 zur Verfügung. Hierzu wurden vom LANUV die KOSTRA-DWD-2010R Werte entsprechend ausgewertet. Bei mehr als einem KOSTRA-Feld je Gemeinde ist das nume-

risch größere vom LANUV eingetragen worden. Für das Stadtgebiet von Meerbusch ergibt sich eine Niederschlagshöhe von  $h_N = 45,5$  mm. Das 2D-Oberflächenmodell wird mit einem Blockregen gleichmäßig beregnet.

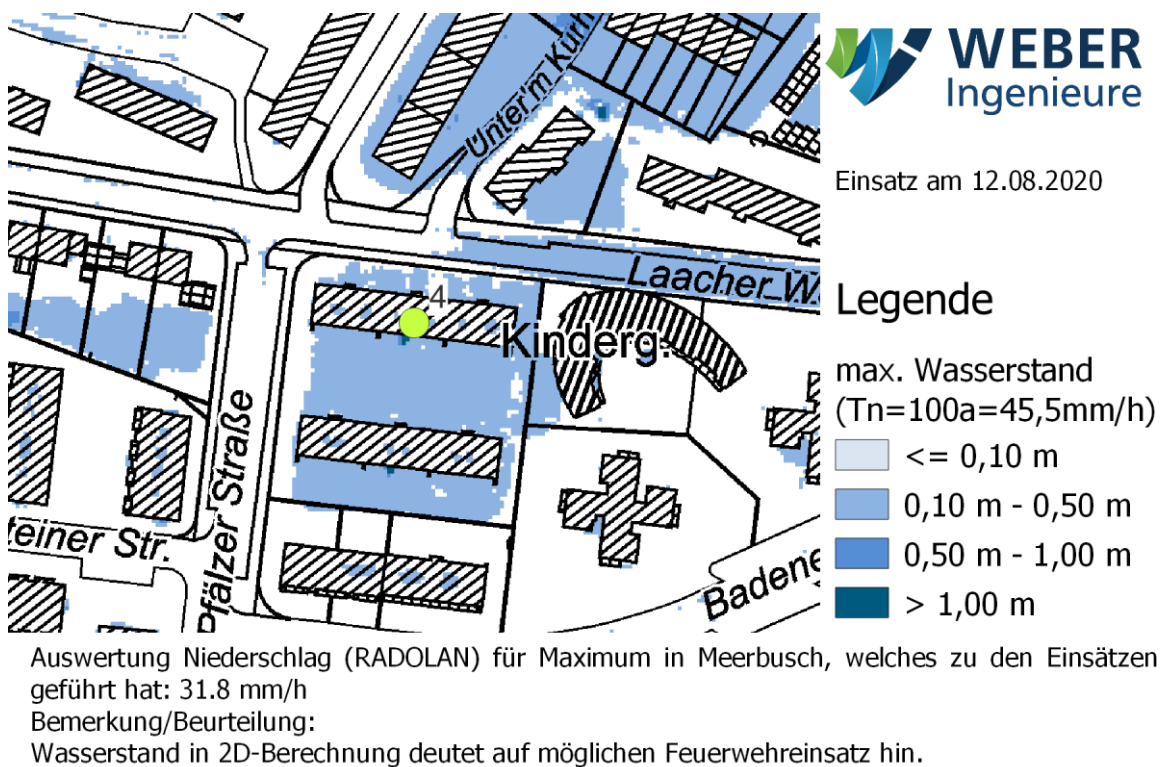
Aufgrund der Kombination von unterschiedlichen Modellparametern kann den Berechnungsergebnissen aus der Simulation der Oberflächenabflussszenarien unabhängig von der Einordnung der Eingangsdaten keine statistische Eintrittswahrscheinlichkeit oder Jährlichkeit zugeordnet werden, d. h. die Jährlichkeit des Niederschlagsereignisses ist ungleich der Jährlichkeit des resultierenden Abflussereignisses.

**Die bei der 2D-Oberflächenberechnung erhaltenen Abflussgrößen dürfen daher außerhalb der Überflutungsanalyse bei Starkregen nicht ohne weitere ingenieurmäßige Berechnungen für Bemessungen wasserwirtschaftlicher Anlagen oder gutachterliche Tätigkeiten genutzt werden.**

### 3.10 Plausibilisierung der Berechnungsergebnisse

Von der Stadt Meerbusch konnten Unterlagen von beobachteten Starkregenereignissen (03.07.2009, 12.08.2020, 30./31.08.2020, 29./30.06.2021, 04.07.2021) zur Verfügung gestellt werden.

Die Übersichtspläne der Feuerwehreinsätze und die für das Starkregenereignis am 29./30.06.2021 vorliegenden Anschriften mit Feuerwehreinsätzen wurde mit den Berechnungsergebnissen von Szenario 2 bzw. Szenario 3 verglichen. Exemplarisch ist in der folgenden Abbildung einer der insgesamt 242 Vergleiche dargestellt.

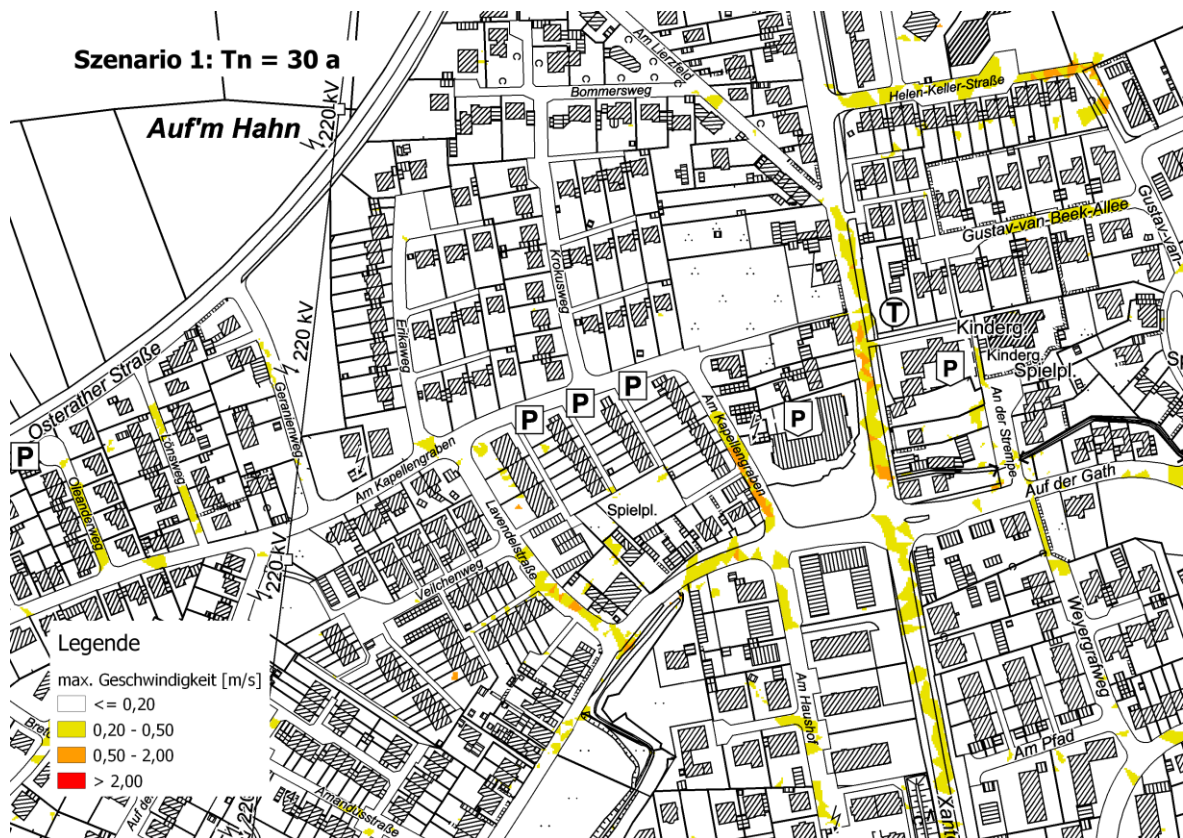


**Abbildung 6: Plausibilisierung der Berechnungsergebnisse**

Es ist zu berücksichtigen, dass zwischen Beobachtung und Simulation kein direkter Zusammenhang zum tatsächlich abgelaufenen Regenereignis besteht. Die Charakteristik der Regenereignisse mit Intensität, Dauer und der räumlichen Verteilung findet keine Berücksichtigung. Vielmehr geht es bei der Gegenüberstellung darum, die prinzipielle Fließwegcharakteristik zwischen Modell und Realität abbilden zu können. Die absoluten Wasserstiefen spielen dabei eine untergeordnete Rolle, da diese am Ende nur von der Regenintensität abhängig ist.







**Abbildung 8: Fließgeschwindigkeiten Starkregengefahrenkarte Szenario 1 (Ausschnitt)**

### 3.12 Ergebnis Szenario 2: $T_n = 100$ a

Die maximalen Wasserstände und die maximalen Fließgeschwindigkeiten sind als Kartenwerk für das Szenario 2 für das gesamte Stadtgebiet von Meerbusch beigefügt.

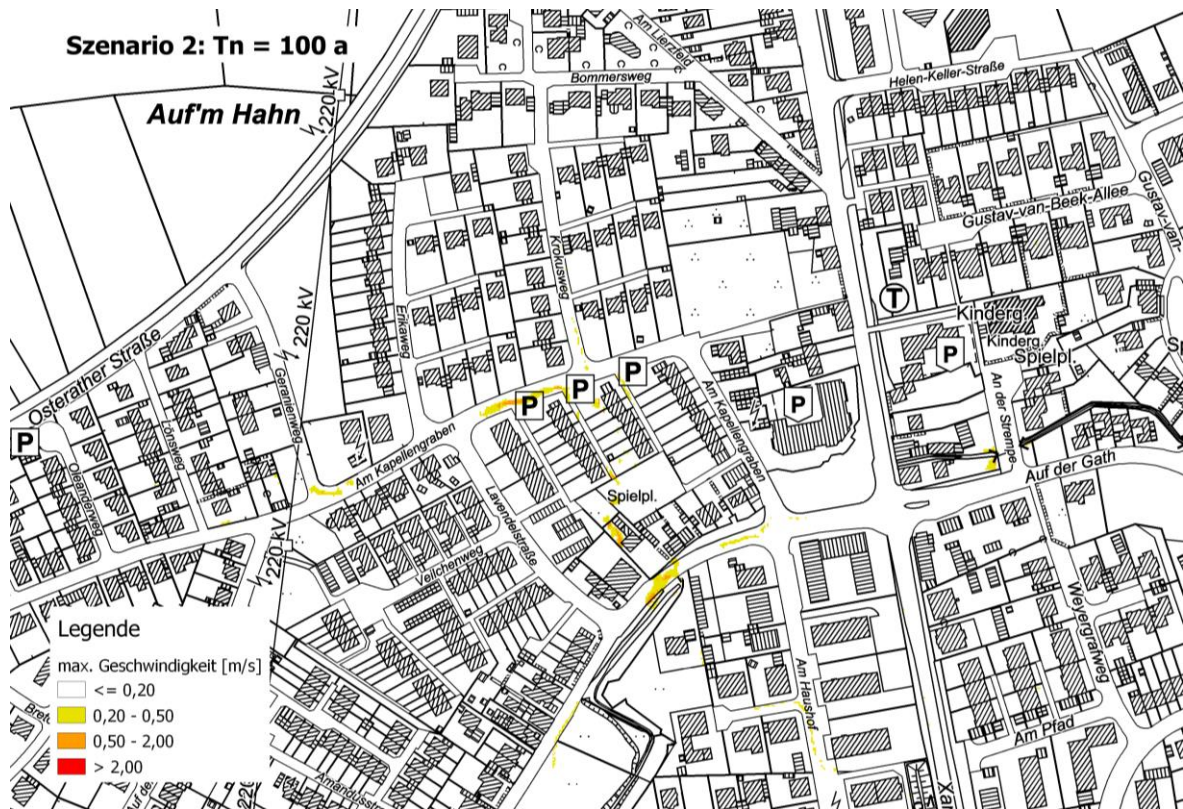
Als Randbedingung für den Niederschlag wird in diesem Szenario ein Blockregen mit  $h_N = 45,5$  mm berücksichtigt. Dies ist eine Vorgabe des LANUV und entspricht einem DWD KOSTRA Niederschlag der Dauerstufe 60 Minuten und einer Wiederkehrintervall von 100 Jahren.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen Ausschnitte aus der Starkregengefahrenkarte für das Szenario 2 und zeigen einmal die Wasserstände und einmal die Fließgeschwindigkeiten.



**Abbildung 9: Wasserstände Starkregengefahrenkarte Szenario 2 (Ausschnitt)**

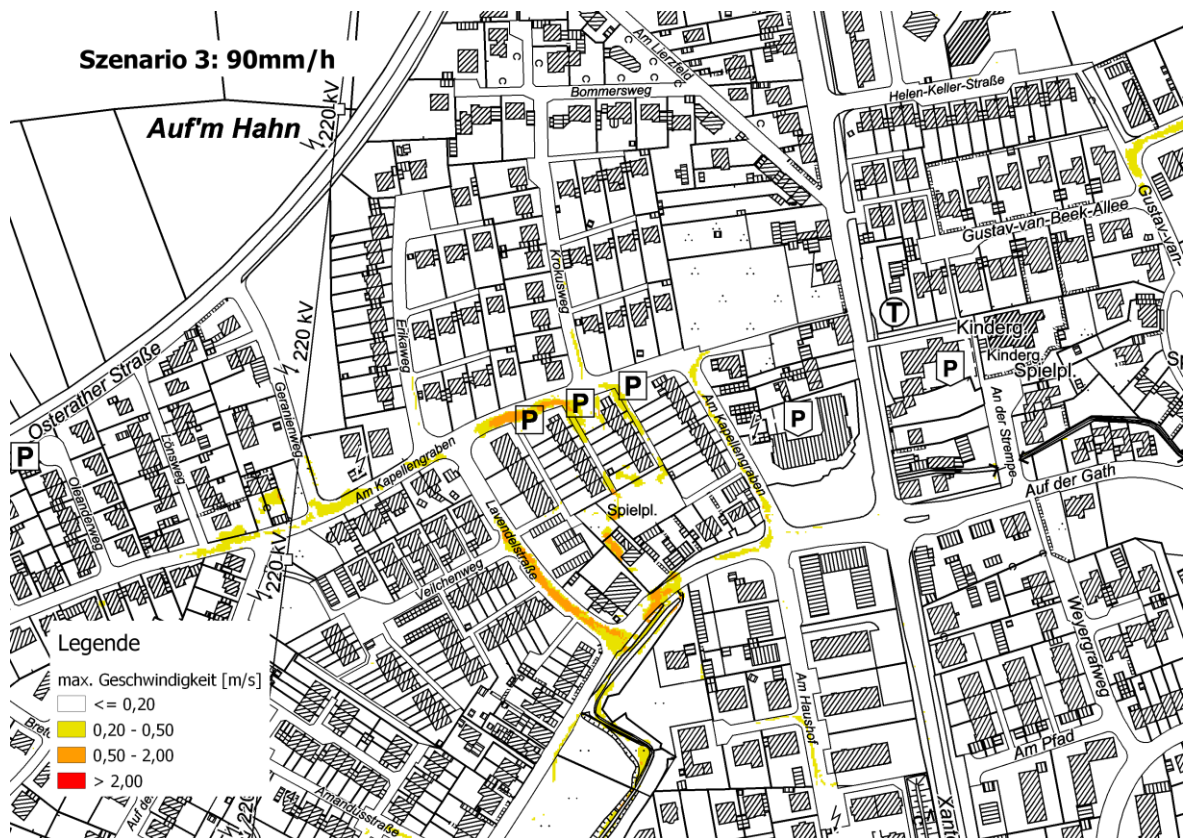




**Abbildung 10: Fließgeschwindigkeiten Starkregengefahrenkarte Szenario 2 (Ausschnitt)**







**Abbildung 12: Fließgeschwindigkeiten Starkregengefahrenkarte Szenario 3 (Ausschnitt)**

## 4 Risikoanalyse

Die Risikoanalyse für öffentliche Belange und öffentliche Infrastruktur liegt in der Verantwortung der Stadt Meerbusch. Die Verantwortung für eine grundstücksbezogene Risikoanalyse für gewerbliche und private Objekte liegt beim Betreiber bzw. Eigentümer.

Die Risikoanalyse umfasst eine verbale Risikobeschreibung für das Untersuchungsgebiet. Exemplarisch wurden fünf Risikochecklisten für kritische Objekte erstellt. Diese sind als Anlage beigefügt.

1. Verwaltung Neusser Feldweg 4
2. Feuerwehr Insterburger Straße 10
3. Schule Kemperallee 6
4. Kindergarten Stettiner Straße 25
5. Sporthalle Stettiner Straße

Die Risikoanalyse umfasst die folgenden drei Bearbeitungsschritte:

1. Analyse der Überflutungsgefährdung
2. Identifizierung von kritischen Objekten, Bereichen und Infrastruktureinrichtungen und Abschätzung eines möglichen Schadenpotenzials
3. Ermittlung und Bewertung des Überflutungsrisikos als Kombination von Gefährdung und Schadenspotenzial

Die Risikoanalyse bildet die Grundlage für die anschließende Planung und Ausweisung von Maßnahmen im Handlungskonzept.





#### **4.1.2 Animation**

In zwei Animationen (Szenario 2 und 3) wird der zeitliche Verlauf der Überflutungsausdehnung dargestellt. Die Animationen sind auf dem beigefügten Datenträger als Anlage beigefügt. Hierfür erfolgte eine Ergebnisausgabe in einem Intervall von 5 Minuten. Dargestellt ist die eine Stunde Berechnung sowie eine Stunde Nachlaufzeit.

Bei Bereichen, die durch große Überflutungstiefen gefährdet sind, kann durch die Animation rückverfolgt werden, woher das Wasser kommt, auf welchen Fließwegen es den gefährdeten Flächen zuströmt und wie schnell das wild abfließende Oberflächenwasser den Bereich erreicht.

#### **4.1.3 Kritische Objekte mit öffentlichem Bezug**

Aus dem ALKIS Datensatz, der sämtliche Gebäude und Bauwerke in Meerbusch enthält, müssen die kritischen Objekte mit öffentlichem Bezug herausgefiltert werden. Für diese Objekte erfolgt eine Risikoanalyse. Als kritisches Objekt gilt ein Gebäude bzw. Bauwerk, wenn

- das Gebäude/Bauwerk eine zentrale Funktion in der Krisenmanagementplanung hat
- das Gebäude/Bauwerk von besonders empfindlichen Bevölkerungsgruppen genutzt wird
- das Gebäude/Bauwerk eine wichtigen Versorgungsfunktion hat
- das Gebäude/Bauwerk Publikumsverkehr hat oder
- vom Gebäude/Bauwerk eine potenzielle Gefahr ausgeht

In der folgenden Tabelle sind kritische Objekte und deren Risikoaspekt aufgeführt.

**Tabelle 5: Abschätzung möglicher Schäden für verschiedene kritische Objekte (Beispiele)**

| Kritisches Objekt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Risikoaspekt                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einrichtungen für Menschen mit Behinderungen, Schulen, Kindergärten, Alten- und Seniorenheime, Krankenhäuser, Museen, Bibliotheken etc.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Erhöhtes Schadenspotenzial, erhöhte Gefahr für Gesundheit, Bevölkerung mit speziellen Bedürfnissen (z. B. eingeschränkte Mobilität) für Schutz und Evakuierung, evtl. kulturhistorische Relevanz |
| Unterführungen und Senken (Geländetiefpunkte)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Gefahr durch Ertrinken, Wegfall von Evakuierungs- und Einsatzrouten                                                                                                                              |
| Abschüssige Straßen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Ausbildung hoher Fließgeschwindigkeiten und neuer Fließwege                                                                                                                                      |
| Abgänge zu Unterführungen, öffentliche Tiefgaragen, tiefliegende Fußgängerpassagen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Fehlende Rettungswege, mögliche Falle für Bevölkerung                                                                                                                                            |
| ausgebautes Kellergeschoß oder Kellerfenstern auf Straßenniveau; Eingänge zu Kaufhäusern und Geschäften auf Straßenniveau                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Erhöhtes Schadenspotenzial                                                                                                                                                                       |
| Verkehrsknotenpunkte wie Bahnhöfe, U-Bahnhöfe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Erhöhtes Schadenspotenzial, Wegfall von Evakuierungsrouten, mögliche Falle für Bevölkerung                                                                                                       |
| Standorte der Rettungs- und Einsatzkräfte (Feuerwehr, Sanitätsdienste, Polizei, evtl. Militär)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wichtige Infrastruktur zum Krisenmanagement, Erreichbarkeit im Ereignisfall, Sicherstellung des Zugangs zu den betroffenen Gebieten                                                              |
| Einrichtungen und Objekte mit möglichen Schadstoffquellen, die zu einer Gefährdung im öffentlichen Raum führen können, wie beispielsweise <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tankstellen und Lager für wassergefährdende Stoffe</li> <li>• Forschungseinrichtungen mit wasser- und gesundheitsgefährdeten Stoffen</li> <li>• Kläranlagen</li> <li>• Landwirtschaftliche Betriebe mit Chemikalienlagern und/oder Tierhaltung</li> <li>• Produktionsanlagen</li> <li>• Chemielager</li> </ul> | Hohes Schadenspotenzial durch Folgeschäden                                                                                                                                                       |
| Erosionsgefährdete Gebiete                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Hoher Materialtransport                                                                                                                                                                          |

| Kritisches Objekt                                | Risikoaspekt                                           |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Verdolungen, Brückendurchlässe                   | Veränderte Überflutungsszenarien infolge Verklausungen |
| Freizeiteinrichtungen mit hohem Publikumsverkehr | Hohes Schadenspotenzial, Evakuierungszentrum           |
| Justizvollzugsanstalt                            | Eingeschränkte Mobilität                               |
| Objekte der Energieversorgung                    | Wichtige Infrastruktur, Versorgungsrelevanz            |
| Einrichtungen der Wasserversorgung               | Wichtige Infrastruktur                                 |
| Einrichtungen des Funk- und Fernmeldewesens      | Wichtige Infrastruktur                                 |

Die folgende Abbildung zeigt die kritischen Objekte in der Stadt Meerbusch. Diese Symbole wurden auf der Risikokarte für die verschiedene Funktion/Nutzung eines Gebäudes/Bauwerks verwendet.

#### Legende

##### Wichtige Versorgungsfunktion oder mit Publikumsverkehr

-  Rathaus, Regierungsgebäude, Gebäude für Sicherheit und Ordnung
-  Kaserne, Schutzbunker
-  Kirche, Moschee, Kapelle, Gebäude für religiöse Zwecke, Friedhofsgebäude, Trauerhalle
-  Gemeindehaus, Wohngebäude mit Gemeinbedarf, Gebäude für öffentliche Zwecke
-  Schule
-  Gebäude zur Energieversorgung
-  Gebäude zur Elektrizitätsversorgung, Umformer, Umspannwerk, Strommast
-  Gebäude zur Gasversorgung
-  Gebäude zur Versorgung, Gebäude zur Versorgungsanlage, Kreditinstitut
-  Tankstelle, Tank, Tanklager
-  Gebäude für Fernmeldewesen, Funkmast
-  Post, Logistikzentrum
-  Gebäude zur Abwasserbeseitigung, Gebäude der Kläranlage, Gebäude zur Entsorgung, Müllbunker, Pumpstation/Pumpwerk, Toilette
-  Flughafen
-  Schienenverkehr
-  Betriebsgebäude für Straßenverkehr, Betriebsgebäude zu Verkehrsanlagen, Straßenmeisterei
-  Parkhaus, Parkdeck, Tiefgarage
-  Einkaufszentrum, Handel, Geschäftsgebäude
-  Fabrik, Betriebsgebäude, Produktionsgebäude, Werkstatt, Lagerhalle, Gebäude für Vorratshaltung, Wohngebäude mit Gewerbe und Industrie

-  Land- und forstwirtschaftliches Betriebsgebäude, Stall, Tiergroßhaltung
-  Gaststätte, Restaurant, Gebäude für Bewirtung
-  Hotel, Beherbergung, Motel, Pension
-  Gebäude für andere Erholungseinrichtung, Gebäude für Erholungszwecke, Gebäude für soziale Zwecke, Jugendfreizeitheim, Freizeit- und Vergnügungsstätte, betriebliche Sozialeinrichtung
-  Sport-, Turnhalle, Reithalle, Sportplatz, Sportzwecke, Zuschauertribüne, Stadion
-  Veranstaltungsgebäude, Theater, Gebäude für kulturelle Zwecke, Oper
-  Bibliothek
-  Hallenbad, Freibad, Badegebäude
-  Unterirdisch, Tiefgarage, Tiefgaragenzufahrt
-  Keine Angabe

##### Krisenmanagementplanung bzw. besonders empfindliche Bevölkerungsgruppe

-  Feuerwehr
-  Polizei
-  Verwaltung, Verwaltungsgebäude
-  Krankenhaus, Gebäude für Gesundheitswesen, Heilanstalt, Pflegeanstalt, Pflegestation
-  Seniorenheim
-  Kinderkrippe, Kindergarten, Kindertagesstätte
-  Wohnheim, Kinderheim, Heim, Asylbewerberheim, Schwesternwohnheim

**Abbildung 14: Kritische Objekte in Meerbusch**

#### 4.1.4 Gefährdung durch Wasserstand und Fließgeschwindigkeit

Bei einem Starkregenereignis entstehen durch die Wassertiefe und durch die Fließgeschwindigkeit Gefahren. Aus der Überlagerung von Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit resultiert im Wesentlichen die Gefahr für Leib und Leben.

Es kann die Einschätzung getroffen werden, dass sich Kinder bei einer Fließgeschwindigkeit von 3 m/s und einer Fließtiefe von 0,25 m nicht mehr in der Strömung halten können. Ab einer Wassertiefe von 0,45 m gilt dies auch für Erwachsene. Für das Öffnen einer Kellertür mit einer anstehenden Wassertiefe von 0,30 m wird bereits eine Kraft von 45 kg benötigt. Ist hinter der Tür ein Wasserstand von 0,5 m, wird eine Druckkraft von 125 kg benötigt.

In Anlehnung an den Leitfaden aus Baden-Württemberg wird die Gefahr für Gebäude aus einer Kombination aus Überflutungstiefe und der Fließgeschwindigkeit mittels einer Matrix ermittelt. Die folgende Tabelle zeigt die verwendete Matrix. Ein Wasserstrom, der Personen mitreißen kann, wird somit höher bewertet als ein stillstehender Aufstau.

**Tabelle 6: Bewertung der Gefährdung kritischer Objekte durch Kombination aus Überflutungstiefe und Fließgeschwindigkeit**

|                       | Fließgeschwindigkeit [m/s] |              |            |           |
|-----------------------|----------------------------|--------------|------------|-----------|
| Wassertiefe<br>h [cm] | < 0,2                      | >= 0,2 - 0,5 | >= 0,5 - 2 | > 2       |
| < 10                  | mäßig                      | mäßig        | hoch       | sehr hoch |
| >= 10-50              | hoch                       | hoch         | sehr hoch  | sehr hoch |
| >= 50-100             | hoch                       | sehr hoch    | sehr hoch  | sehr hoch |
| > 100                 | sehr hoch                  | sehr hoch    | sehr hoch  | sehr hoch |

Im Szenario 1 ergibt sich bei einer Auswertung, dass

- 1.699 aller Gebäude/Bauwerke in Strümp eine mäßige Gefahr
- 1.379 aller Gebäude/Bauwerke in Strümp eine hohe Gefahr und
- 144 aller Gebäude/Bauwerke in Strümp eine sehr hohe Gefahr

im Falle eines Starkregenereignisses aufweisen.

Im Szenario 2 ergibt sich bei einer Auswertung, dass

- 8.004 aller Gebäude/Bauwerke eine mäßige Gefahr
- 14.356 aller Gebäude/Bauwerke eine hohe Gefahr und
- 3.861 aller Gebäude/Bauwerke eine sehr hohe Gefahr

im Falle eines Starkregenereignisses aufweisen.

Im Szenario 3 ergibt sich bei einer Auswertung, dass

- 6.146 aller Gebäude/Bauwerke eine mäßige Gefahr
- 14.183 aller Gebäude/Bauwerke eine hohe Gefahr und
- 5.892 aller Gebäude/Bauwerke eine sehr hohe Gefahr

im Falle eines Starkregenereignisses aufweisen.

Im ALKIS Datensatz wurden im Stadtgebiet von Meerbusch insgesamt 1.951 Gebäude/Bauwerke und 196 unterirdische Gebäude und Bauwerke wie Tiefgaragen als kritische Objekte identifiziert. Im Szenario 1 wurde nur der Stadtteil Strümp berechnet. In Strümp liegen 173 der gesamten kritischen Objekte. Davon befinden sich 18 unterirdisch.

Im Szenario 1 ergibt sich bei einer Auswertung, dass an

- 84 kritischen Objekten und 3 unterirdischen Gebäuden eine mäßige Gefahr
- 63 kritischen Objekten und 8 unterirdischen Gebäuden eine hohe Gefahr und
- 8 kritischen Objekten und 7 unterirdischen Gebäuden eine sehr hohe Gefahr

im Falle eines Starkregenereignisses vorhanden ist.

Im Szenario 2 ergibt sich bei einer Auswertung, dass an

- 530 kritischen Objekten und 11 unterirdischen Gebäuden eine mäßige Gefahr
- 1.147 kritischen Objekten und 44 unterirdischen Gebäuden eine hohe Gefahr und
- 274 kritischen Objekten und 141 unterirdischen Gebäuden eine sehr hohe Gefahr

im Falle eines Starkregenereignisses vorhanden ist.

Im Szenario 3 ergibt sich bei einer Auswertung, dass an

- 401 kritischen Objekten und 9 unterirdischen Gebäuden eine mäßige Gefahr
- 1.117 kritischen Objekten und 27 unterirdischen Gebäuden eine hohe Gefahr und
- 433 kritischen Objekten und 160 unterirdischen Gebäuden eine sehr hohe Gefahr

im Falle eines Starkregenereignisses vorhanden ist.



#### 4.1.5 Strömungsintensität

Aus der Überlagerung von Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit resultiert im Wesentlichen die Gefahr für Leib und Leben. Die Gefahr durch Strömung stellt die Strömungsintensität, also das Produkt aus Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit dar. Ab einem Intensitätswert von  $> 0,7$  ist davon auszugehen, dass leichte oder beeinträchtigte Personen sich durch die Strömungskräfte nicht mehr festhalten können. Ab einem Wert von 1,3 werden auch widerstandsfähige Personen mitgerissen.

Zur Analyse der Strömungsgefahr wurden die Intensitäten exemplarisch für das Niederschlagsereignis von Szenario 3 (90 mm in 60 Minuten) ermittelt. Es zeigt sich, dass die Intensitäten mit Ausnahme der Gewässerläufe und an 161 punktuell sehr kleinräumigen Stellen im Stadtgebiet generell gering ausfällt. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft einer dieser Stelle im Lageplan.

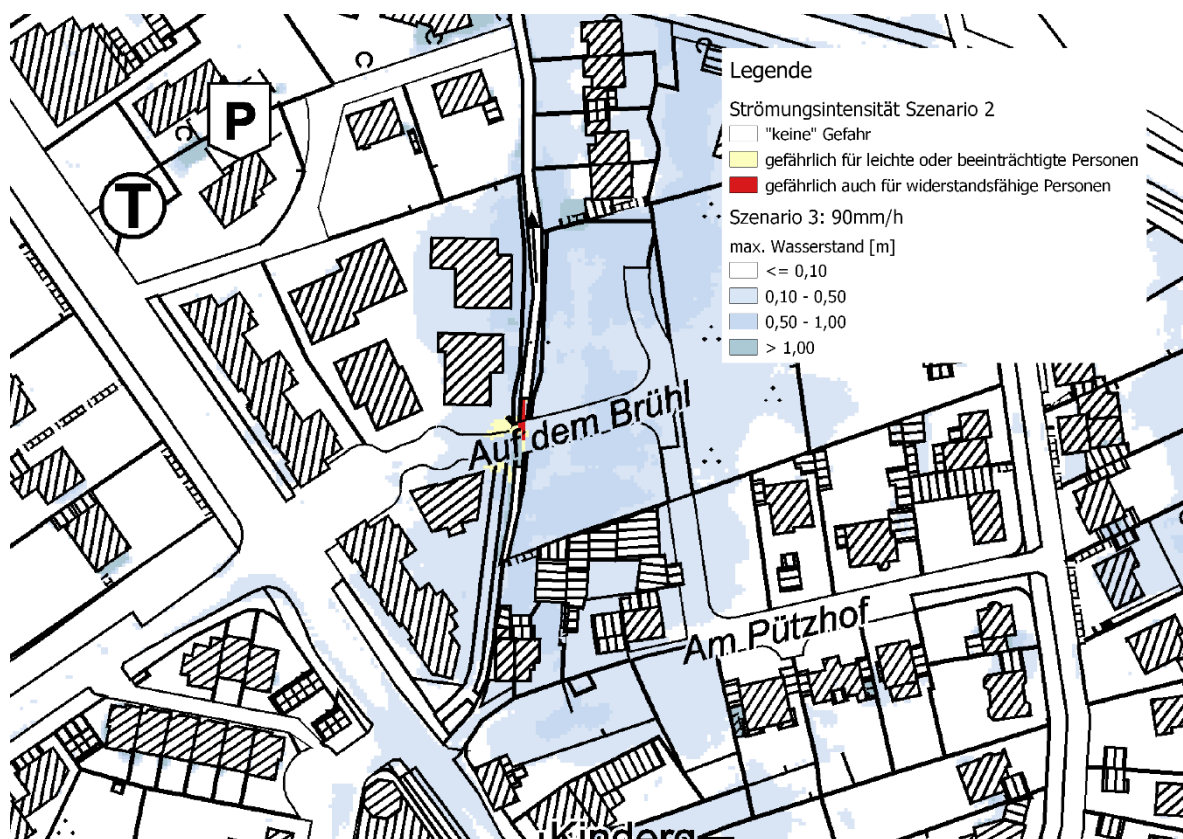


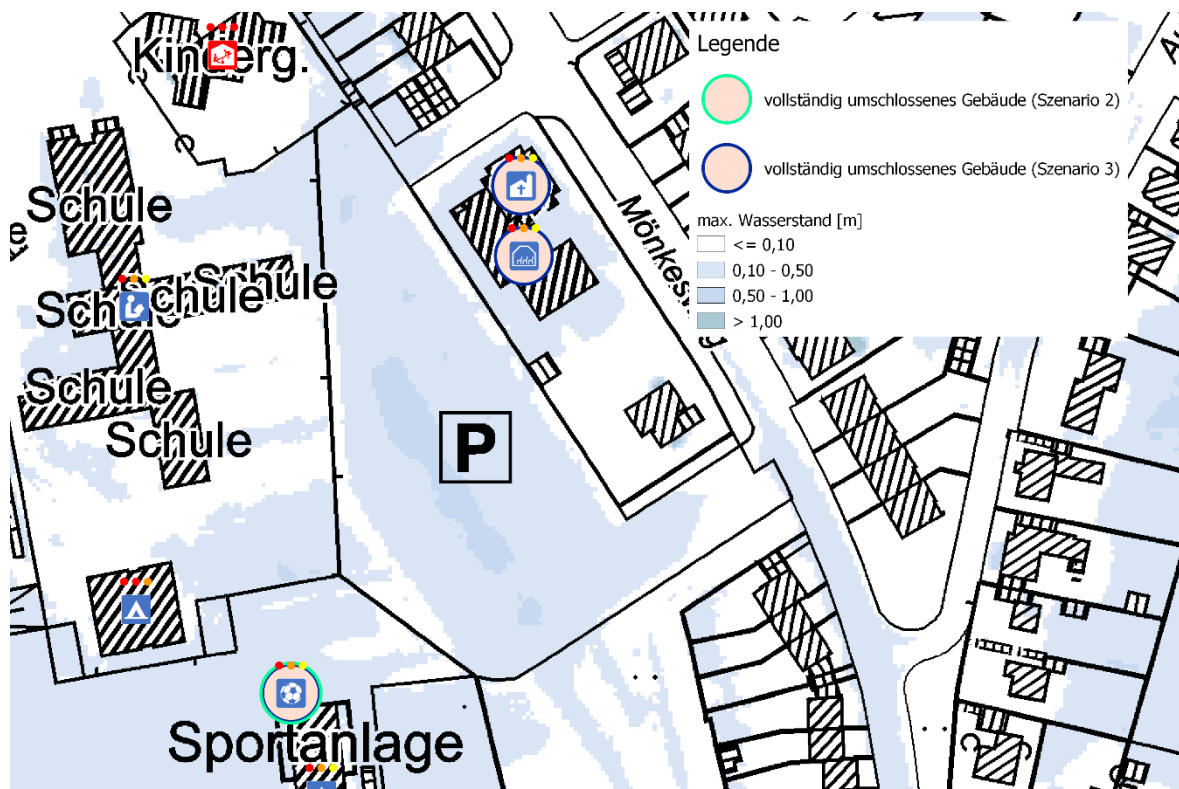
Abbildung 15: Strömungsintensität Szenario 2

Bereiche mit hohen Fließgeschwindigkeiten weisen geringe Wassertiefen und tiefe Bereiche weisen eine kleine Fließgeschwindigkeit auf, so dass prinzipiell keine Gefahr für Leib und Leben durch ein Mitreißen zu erwarten ist.

#### 4.1.6 Vollständig umschlossene Gebäude/Bauwerke

Wenn ein Gebäude/Bauwerk vollständig von Wasser umschlossen ist, ist eine Evakuierung je nach Wasserstand ohne Boot nicht möglich. Eventuell steht kein Fluchtweg in höher gelegene Etagen zur Verfügung. Je nach Nutzung ist davon auch eine kritische Infrastruktur betroffen. Im Stadtgebiet von Meerbusch sind im Szenario 1 16 Gebäude/Bauwerke rechnerisch beim maximalen Wasserstand vollständig von Wasser umgeben. Darunter befindet sich kein kritisches Objekt. Beim Szenario 2 sind 621 aller Gebäude/Bauwerke rechnerisch beim maximalen Wasserstand vollständig von Wasser umgeben. Darunter befinden sich 55 kritische Objekte. Im Szenario 3 sind rechnerisch beim maximalen Wasserstand 2.242 Gebäude/Bauwerke vollständig von Wasser umschlossen. Davon sind 195 kritische Objekte. Eine Rettung und Flucht sollte in Meerbusch jedoch auch ohne Boot möglich sein, da das Gebäude zwar „eingeschlossen“, aber die Wassertiefe gering ist.

Die kritischen Gebäude/Bauwerke sind in der Risikokarte mit Kreisen dargestellt. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft rechnerisch von Wasser vollständig umschlossene Gebäude/Bauwerke.



**Abbildung 16: Von Wasser vollständig umschlossene Gebäude (Ausschnitt)**

#### 4.1.7 Potenziell gefährdete Verkehrsinfrastruktur

Das Berechnungsergebnis der 2D-Simulation wurde mit den ALKIS Verkehrsflächen verschnitten. Dabei wurde davon ausgegangen, dass ein maximaler Wasserstand von  $h = 15$  cm noch durch einen PKW befahrbar ist. In den beigefügten Plänen ist die potenziell durch Überflutung bei einem Starkregenereignis gefährdete Verkehrsinfrastruktur dargestellt.

Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Karte.



Abbildung 17: Gefährdete Verkehrsinfrastruktur Szenario 3 (Ausschnitt)

## 4.2 Schadenspotenzial/Vulnerabilität

Im Merkblatt DWA-M 119 ist eine mögliche Klassifizierung des Schadenspotenzials (Tabelle 7) mit vier Abstufungen in Abhängigkeit der Nutzungsart des Gebäudes aufgeführt.

**Tabelle 7: Schadenspotenzialklassen nach DWA-M119**

| Schadenspotentialklasse | Nutzungsart Gebäude                      | Schadenspotential |
|-------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| 1                       | Kleingartenbebauung                      | gering            |
|                         | Parks/Grünflächen                        |                   |
| 2                       | Wohnbebauung ohne Untergeschoss          | mäßig             |
|                         | Einzelhandel/Kleingewerbe                |                   |
|                         | Wohnbebauung mit Untergeschoss (bewohnt) |                   |
| 3                       | Industrie/Gewerbe                        | hoch              |
|                         | Schule/Hochschule                        |                   |
|                         | Kindergarten/Krankenhaus/Altenheim       |                   |
|                         | Rettungsdienste                          |                   |
| 4                       | Energieversorgung/Telekommunikation      | sehr hoch         |
|                         | Tiefgarage                               |                   |
|                         | U-Bahnzugang/Unterführung                |                   |

Die Gebäudefunktion ist in den ALKIS Daten hinterlegt. Als Anlage ist eine Tabelle der gewählten Schadenspotenzialklassen in Abhängigkeit der Gebäudefunktion, der Personen im Objekt, hoher Schadenswerte (Ausstattung), Funktionsausfall sowie ausgehend vom Objekt beigefügt.



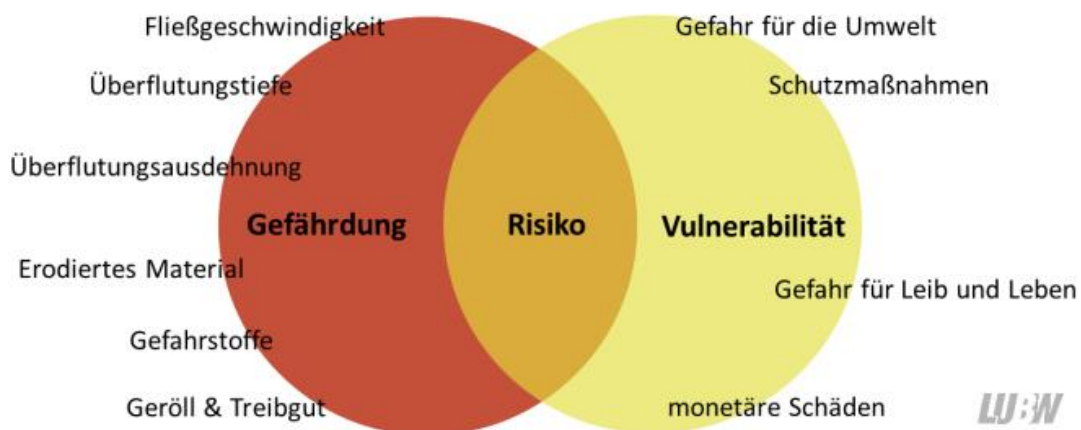
Die folgende Tabelle beinhaltet die Anzahl der vergebenen Schadenspotenzialklassen bezogen auf alle Gebäude und auf die kritischen Objekte. Die Zahlen in Klammern sind die Gebäude/Bauwerke, die in den ALKIS Daten das Attribut unter der Erdoberfläche haben.

**Tabelle 8: Schadenspotenzialklassen in der Stadt Meerbusch**

| Schadenspotentialklasse | alle Gebäude/Bauwerke | kritische Objekte |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1                       | 210 (0)               | 0 (0)             |
| 2                       | 24.055 (33)           | 179 (0)           |
| 3                       | 1.673 (70)            | 1.492 (2)         |
| 4                       | 283 (200)             | 280 (194)         |
| Summe                   | 26.221 (303)          | 1.951 (196)       |

### 4.3 Ermittlung und Bewertung des Überflutungsrisikos

Das Risiko ergibt sich aus einer Verschneidung der Gefährdung mit dem Schadenspotenzial/Vulnerabilität. Die folgende Abbildung 18 verdeutlicht das Prinzip der Verschneidung schematisch.



**Abbildung 18: Ermittlung des Risikos (LUBW, angelehnt an Grünwald, 2005)**

Für die Verschneidung der Gefährdung mit dem Schadenspotenzial/Vulnerabilität zum Risiko wird in Anlehnung an das Merkblatt DWA-M 119 für jedes Szenario eine Risikomatrix (Tabelle 9 bis Tabelle 11) aufgestellt. Die Bewertung des Risikos obliegt der Kommune. Die Eintrittswahrscheinlichkeit von Szenario 1 nach Szenario 3 erhöht sich, dadurch reduziert sich das Risiko durch ein Starkregenereignis getroffen zu werden.

**Tabelle 9: Risikomatrix  $T_n = 30$  a**

|            | Risikomatrix Tn 30a     |           |           |           |
|------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
|            | Schadenspotentialklasse |           |           |           |
| Gefährdung | 1                       | 2         | 3         | 4         |
| mäßig      | mäßig                   | mäßig     | hoch      | sehr hoch |
| hoch       | mäßig                   | hoch      | sehr hoch | sehr hoch |
| sehr hoch  | hoch                    | sehr hoch | sehr hoch | sehr hoch |

**Tabelle 10: Risikomatrix  $T_n = 100$  a**

|            | Risikomatrix Tn 100a    |       |       |           |
|------------|-------------------------|-------|-------|-----------|
|            | Schadenspotentialklasse |       |       |           |
| Gefährdung | 1                       | 2     | 3     | 4         |
| mäßig      | gering                  | mäßig | mäßig | hoch      |
| hoch       | mäßig                   | mäßig | hoch  | hoch      |
| sehr hoch  | mäßig                   | hoch  | hoch  | sehr hoch |

**Tabelle 11: Risikomatrix  $h_N = 90$  mm/h**

|            | Risikomatrix 90mm/h     |        |       |           |
|------------|-------------------------|--------|-------|-----------|
|            | Schadenspotentialklasse |        |       |           |
| Gefährdung | 1                       | 2      | 3     | 4         |
| mäßig      | gering                  | gering | mäßig | mäßig     |
| hoch       | gering                  | mäßig  | mäßig | hoch      |
| sehr hoch  | mäßig                   | mäßig  | hoch  | sehr hoch |

Im Szenario 1 ergibt sich nach der Verschneidung, dass

- 1.624 aller Gebäude/Bauwerke und 0 unterirdischen Gebäuden ein mäßiges Risiko
- 1.372 aller Gebäude/Bauwerke und 5 unterirdischen Gebäuden ein hohes Risiko und
- 226 aller Gebäude/Bauwerke und 24 unterirdischen Gebäuden ein sehr hohes Risiko

im Falle eines Starkregenereignisses haben. Ein geringes Risiko ist im Szenario 1 in der Risikomatrix nicht enthalten.

Im Szenario 2 ergibt sich nach der Verschneidung, dass



- 105 aller Gebäude/Bauwerke und 0 unterirdischen Gebäuden  
ein geringes Risiko
- 21.004 aller Gebäude/Bauwerke und 39 unterirdischen Gebäuden  
ein mäßiges Risiko
- 4.703 aller Gebäude/Bauwerke und 47 unterirdischen Gebäuden  
ein hohes Risiko und
- 409 aller Gebäude/Bauwerke und 217 unterirdischen Gebäuden  
ein sehr hohes Risiko

im Falle eines Starkregenereignisses haben.

Im Szenario 3 ergibt sich nach der Verschneidung, dass

- 5.856 aller Gebäude/Bauwerke und 8 unterirdischen Gebäuden  
ein geringes Risiko
- 19.808 aller Gebäude/Bauwerke und 68 unterirdischen Gebäuden  
ein mäßiges Risiko
- 507 aller Gebäude/Bauwerke und 64 unterirdischen Gebäuden  
ein hohes Risiko und
- 50 aller Gebäude/Bauwerke und 163 unterirdischen Gebäuden  
ein sehr hohes Risiko

im Falle eines Starkregenereignisses haben.

Im ALKIS Datensatz wurden im Stadtgebiet von Meerbusch insgesamt 1.951 Gebäude/Bauwerke und 196 unterirdische Gebäude und Bauwerke wie Tiefgaragen als kritische Objekte identifiziert. Im Szenario 1 wurde nur der Stadtteil Strümp berechnet. In Strümp liegen 173 der gesamten kritischen Objekte. Davon befinden sich 18 unterirdisch.

Nach der Verschneidung ergibt sich für diese Objekte folgendes Risiko:

#### Szenario 1

- 7 kritische Objekte haben ein mäßiges Risiko
- 63 kritische Objekte haben ein hohes Risiko und
- 103 kritische Objekte haben ein sehr hohes Risiko

Hinweis: Ein geringes Risiko ist im Szenario 1 in der Risikomatrix nicht enthalten.

#### Szenario 2

- 0 kritische Objekte haben ein geringes Risiko
- 544 kritische Objekte haben ein mäßiges Risiko
- 1.037 kritische Objekte haben ein hohes Risiko und
- 566 kritische Objekte haben ein sehr hohes Risiko

#### Szenario 3

- 22 kritischen Objekten haben ein geringes Risiko
- 1.416 kritische Objekte haben ein mäßiges Risiko
- 500 kritische Objekte haben ein hohes Risiko und
- 209 kritische Objekte haben ein sehr hohes Risiko

## 4.4 Risikokarte

Die Risikokarte basiert auf der Starkregengefahrenkarte. Hierbei wird die Gefahrenkarte durch die Darstellung von relevanten Risikoobjekten ergänzt.

Die Risikokarte ist als Kartenwerk beigelegt.

## 5 Zusammenfassung

Das Thema Gefahren aus Starkregen (urbane Sturzfluten) ist auch im Jahr 2022/2023 aktuell und zu beachten. Im Juni und Juli 2021 wurde in den Medien über außergewöhnliche und extreme Starkregen nahezu wöchentlich bis täglich berichtet. Der Deutsche Wetterdienst, die WarnApp NINA und auch die Unwetterzentrale haben vor diesen Ereignissen nahezu täglich gewarnt. Die Hochwasserkatastrophe am 14./15. Juli 2021 hat in vielen Regionen von NRW, in weiteren Bundesländern und benachbarten Ländern zu großen materiellen und umweltrelevanten Schäden geführt und leider sind auch Todesfälle zu beklagen.

Starkregenereignisse (pluviale Ereignisse) sind meist sehr lokal und schwer vorherzusagen, so dass oft flächig entsprechende Warnungen ausgegeben werden. Betroffen von einem extremen Starkregen sind dann jedoch nur einzelne Kommunen bzw. ggf. sogar nur einzelne Stadtteile. Charakteristisch für ein Starkregenereignis ist eine große Niederschlagsmenge in kurzer Zeit. D.h. das Niederschlagsereignis hat eine hohe Intensität. Die Auswirkungen eines Starkregenereignisses treten zum Teil abseits und unabhängig von Gewässern auf. Der Abfluss erfolgt oft über Straßen oder freiem Gelände. Daher wird ein Starkregenereignis auch als urbane Sturzflut bezeichnet. Der Abfluss führt zu Überschwemmungen und großen Schäden in Siedlungsgebieten. Das Wasser sammelt sich in Geländesenken bzw. -mulden. Sofern das abfließende Wasser in ein Gewässer gelangt, kann dies zu einem Hochwasser im Gewässer führen bzw. dies verstärken.

Infolge des Klimawandels wird von einer Zunahme der außergewöhnlichen und extremen Starkregenereignisse ausgegangen. Das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen hat die „Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement – Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW“ im November 2018 veröffentlicht. Für die Stadt Meerbusch wurde ein Starkregenkonzept gemäß Arbeitshilfe erstellt. Gemäß Arbeitshilfe werden dabei die folgende drei Arbeitsschritte bearbeitet:

1. Gefährdungsanalyse
2. Risikoanalyse und
3. Handlungskonzept

Das Handlungskonzept ist in einem gesonderten Erläuterungsbericht dokumentiert.

Im Rahmen der Gefährdungsanalyse wurden numerische Modelle aufgebaut, mit denen 2D-Oberflächensimulationen für drei verschiedene Niederschlagsszenarien durchgeführt wurden. Das Szenario 1 wurde allerdings nur für den Ortsteil Strümp berechnet. Das Ergebnis dieser Simulationen sind maximale Wasserstände und maximale Fließgeschwindigkeiten. Die Ergebnisse sind in Kartenwerken dargestellt.

Mit den Berechnungsergebnissen wurde eine Risikoanalyse durchgeführt. Dabei wurde die Gefährdung aus den Wasserständen und den Fließgeschwindigkeiten ermittelt. Jedem Gebäude in Meerbusch wurde entsprechend der in den ALKIS Daten hinterlegten Gebäudedefunktion ein Schadenspotenzial zugewiesen. Die Gefährdung und das Schadenspotenzial wurden zu einem Risiko verschnitten. Die Ergebnisse sind in Kartenwerken dargestellt.

Aufbauend auf der Gefährdungs- und der Risikoanalyse wurde ein Handlungskonzept in Zusammenarbeit mit der Stadt Meerbusch erstellt.

Aufgestellt:

Wuppertal im September 2023/BWE/CBU/30098-01

Weber-Ingenieure GmbH