

## **Kurzzusammenfassung und Hinweise zur Nutzung und Handhabung der Starkregengefahrenkarten Luxemburg**

Im Auftrag des Wasserwirtschaftsamts des Ministeriums für Umwelt, Klima und nachhaltige Entwicklung Luxemburgs wurde die Überflutungsgefährdung durch Starkregen für das gesamte Land ermittelt und ein Starkregenatlas mit Starkregenrisiko- bzw. Starkregengefahrenkarten zur Information und Sensibilisierung der Bevölkerung erstellt. Die Starkregenmodellierung wurde mit FloodArea<sup>HPC</sup> durchgeführt, ein hydrodynamisches Raster-basiertes 2D-Modell. Die dafür nötigen Abflussbeiwerte wurden mit Hilfe des hydrologischen Modells Hydro<sup>RAS</sup> erstellt. Die Zwischenergebnisse wurden im Rahmen eines zweistufigen Validierungsprozesses überprüft und mit Expertenwissen der lokalen Gemeindemitarbeiter ergänzt und verbessert.

### **Datengrundlage und Unsicherheiten Niederschlagsszenarien**

Es wurden vier Niederschlagsszenarien der Dauerstufe 1 h berücksichtigt: ein 20-, 50, 100 und 200-jährliches Ereignis. Die konkreten Niederschlagsmengen der Jährlichkeiten variieren stark über das Land und wurden in Form des LuxBeRe (1 x 1 km) gerundet im Modell eingebunden. Die kachelförmige Auflösung des Originaldatensatzes LuxBeRe wurde in die Eingangsdaten von FloodArea übernommen. Die Niederschlagsmengen einer Kachel können teilweise sehr geringe Variationen zwischen den Jährlichkeiten aufweisen (Beispiel 20-jährliches Ereignis mit 20 mm und 200 jährliches Ereignis mit 30 mm).

In den Szenarien geht man von einem flächendeckenden Niederschlag aus. In Mitteleuropa werden Starkregenereignisse meist durch konvektive, räumlich eng begrenzte Niederschlagszellen ausgelöst. Durch die flächendeckende Simulation kommt es daher zur Überlagerung von Abflusswellen verschiedener Einzugsgebiete. Durch die zeitgleiche Berechnung des ganzen Landes kann es vor allem in den Unterläufen der Gewässer zu einer Überschätzung der Abflüsse kommen. Bei größeren Gewässern (vor allem solche, welche auch durch HWGK abgebildet sind) sind die Ergebnisse außerdem weniger verlässlich, da hier im Rahmen der Starkregenmodellierung keine Gewässergeometrie abgebildet wurde. In Risikogewässern wird ausdrücklich, auch durch rechtliche Anforderungen, auf die präziseren HWGK verwiesen.

### **Datengrundlagen und Unsicherheiten in der Hydrologie**

Die Hydrologie wurden mit der Software Hydro<sup>RAS</sup> modelliert. Hydro<sup>RAS</sup> berechnet für ein Gebiet den prozentualen Anteil des Gesamtniederschlags, der ortsspezifisch und direkt abflusswirksam ist. Dieser Anteil wird auch als Abflussbeiwert bezeichnet. Es wird angenommen, dass der restliche Niederschlagsanteil infiltriert. Haupteinflussfaktoren für die Größe des Abflussbeiwerts sind die Ausprägungen von Boden, Landnutzung und Relief. Dazu werden diese nach einer an das Regionalisierungsverfahren von LUTZ (1984) angelehnten Methodik in einer dreidimensionalen Matrix kombiniert. Der zeitliche Verlauf der Abflussbeiwerte wird mit einem in die Berechnung integrierten vereinfachten Infiltrationsmodell generiert. Die Funktionsweise des Infiltrationsmodells beruht auf dem physikalischen Zweistufen-Modell der sprunghaften Feuchtefront nach DYCK & PESCHKE (1995). Dabei wird nur eine Bodenart berücksichtigt, ohne die Mächtigkeit des Horizonts. Eine komplexe Modellierung des Infiltrationsprozesses über mehrere Bodenhorizonte ist schon aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit der Datengrundlage für großräumige Untersuchungen ausgeschlossen. Es wurde mit einer initial sehr feuchten Bodenfeuchte gerechnet.

In Bezug der wichtigsten Eingangsdaten Landnutzung und Bodenart wurden außerdem Annahmen getroffen, die stets von einem mittleren Zustand ausgehen. Dies ist dadurch begründet, dass der

Vegetationsstand der jeweiligen Landnutzung saisonal stark variieren kann. Ebenso ist die Form der Nutzung häufig variabel, da z.B. bei landwirtschaftlichen Ackerflächen aufgrund fehlender Informationen sowie ständigem Wechsel zwischen verschiedenen Kulturen nicht nur die Infiltrationseigenschaft stark schwankt, sondern es auch zu Änderungen in der Rauheit kommen kann. Durch die Annahme eines mittleren Zustands ist den hydrologischen und hydraulischen Modellierungen in diesem Sinne keine bestimmte Jahreszeit zuzuschreiben. Je nach konkreter Form der Nutzung kann also in Realität ein deutlich höherer (z.B. bei Mais) oder niedriger (z.B. Winterweizen) Oberflächenabfluss stattfinden. Auch Nutzungsänderungen nach Erfassung der Landnutzung (Datensatz aus dem Jahre 2018) können einen deutlichen Einfluss haben (z.B. Versiegelung von Flächen).

### **Datengrundlagen und Unsicherheiten Hydraulik**

Das hydraulische Modell basiert auf einem hydrodynamischen Ansatz, das Abflussvolumen wurde mit Hilfe der Fließformel nach Manning-Strickler berechnet. Dieser Berechnungsansatz impliziert einen Normalabfluss (d.h. Reibungsverlust gleich dem Gewinn an Lageenergie), wodurch außerhalb ihres Gültigkeitsbereichs, wie beispielsweise bei Beschleunigung, teilweise sehr hohe Fließgeschwindigkeiten ausgegeben werden. Mithilfe eines Grenzkriterium der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Störwellen werden modellintern die Fließgeschwindigkeiten korrigiert und der Fehler ist somit vernachlässigbar. Trägheits- bzw. Beschleunigungseffekte werden durch eine Mitführung der Geschwindigkeitsvektoren über die Iterationsschritte abgebildet. Die Vereinfachung basiert auf einer Gleichsetzung von Energiespiegellinie mit der Wasserspiegellinie, die Kompressibilität und Temperatureinflüsse werden folglich nicht abgebildet.

Die wichtigsten Datengrundlagen des hydraulischen Modells sind die Rauheit (die sich wie beschrieben auf eine mittlere Landnutzung bezieht) und das DGM (Originaldatensatz mit 0.5 Auflösung und einer vertikalen Genauigkeit von +/- 6 cm und horizontalen Genauigkeit von +/- 3 cm). Durch die Aggregation auf 2 m Auflösung können Kleinststrukturen wie Bordsteine oder Mauern ggf. abgeschwächt oder verloren gegangen gehen. Diese (Un)Genauigkeit der Eingangsdaten überträgt sich auf die Ergebnisse der Überflutungstiefen. Gebäude (ohne Tiefgaragen Stand 2018) sind als Hindernis im DEM eingebaut. Ggf. durchfließbare Gebäude können hierbei nicht berücksichtigt werden, auch kann es in Einzelfällen sein, dass schmale Lücken zwischen Gebäuden nicht als solche abgebildet werden konnten.

Die Überflutungstiefen wurden im Rahmen des Projekts ab einem Schwellenwert von 4 cm und größer dargestellt. Somit sind auf den Karten Fließwege unter 4 cm nicht sichtbar, obwohl auch diese ggf. nennenswerte Wassermassen mit teilweise hohen Fließgeschwindigkeiten transportieren können. Daher empfiehlt es sich, Durchflussmengen anhand der unklassifizierten Ergebnisse zu prüfen, insbesondere bei der Betrachtung von Flächen mit großer Hangneigung. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass z.B. für Detailplanungen bei Bauprojekten die Überflutungstiefen bzw. Wasserspiegellagen der gerechneten Szenarien kritisch hinterfragt werden sollten, da aufgrund der genannten Ungenauigkeiten im DGM und der Modellunsicherheiten gewisse Schwankungen und Abweichungen auftreten können.

### **Unterirdische Transportelemente**

Unterirdische Transportelemente wie z.B. Verdolungen oder Durchlässe unter Brücken wurden in das Modell eingebaut und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Durch die automatisierte Umwandlung von Punktinformationen zu Pumpllinien kann es zu Fehlern kommen, die nur manuell bzw. durch eine Vor-Ort-Validierung durch eine(n) Bearbeiter(in) korrigiert werden können. Im Laufe des Projektes wurden mehrere manuelle Überprüfungen vorgenommen, um Fehler bestmöglich zu

identifizieren und zu beheben. Für detaillierte Studien wird empfohlen die Lagegenauigkeit der Verdolungen im Feld zu kartieren bzw. zu validieren, besonders in Gebieten mit großem Rückstau.

### **Validierung**

Im Rahmen des Projekts wurde ein langwieriger Validierungsprozess online über das Geoportal Luxemburg und im direkten Kontakt mit den Gemeinden durchgeführt. Dabei wurden zahlreiche Rückmeldungen gesammelt und eingearbeitet. Jedoch gab es von rund 30 % der Gemeinden keine Rückmeldung, wodurch große Teile des Landes nicht validiert sind. Dementsprechend sollte jeder Arbeit mit den überlieferten Daten eine kurze, selbstständige Plausibilitätskontrolle vorausgehen.