

ANHANG

Stadtwasserhitzeplan Göttingen

AP 1 „Wasser“

Stadt Göttingen



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen



Anpassung
urbaner Räume
an den
Klimawandel

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Verwendete Datengrundlage	5
2.1	Grundlagendaten der Stadt Göttingen	5
2.2	Frei verfügbare Grundlagendaten	6
3	Risikoanalyse	7
3.1	Vorgehensweise der Risikoanalyse	7
3.2	Festlegung des Schutzziels	10
3.3	Vereinfachte Risikoanalyse	10
3.4	Detaillierte Risikoanalyse	12
3.5	Starkregenisikokarte	14
4	„Niederschlagsprognose“ 2050	18
4.1	Aktuelle Regelwerke, Fachliteratur und Forschungsergebnisse	18
4.2	Kenntage zum Wasserhaushalt für die Stadt Göttingen	22
5	Defizit- und Potenzialanalyse „Niederschlag“	26
5.1	Defizitanalyse „Niederschlag“	26
5.1.1	Starkregen	26
5.1.2	Hochwasser	28
5.1.3	Ausblick auf das Jahr 2050	29
5.2	Potenzialanalyse „Niederschlag“	31
5.2.1	Starkregen	31
5.2.2	Hochwasser	36
5.3	Planungshinweiskarte „Niederschlag“	37
6	Zusammenfassung	40
7	Literatur	41
8	Anhang	44

1 Einleitung

In Göttingen sind die Folgen des Klimawandels bereits heutzutage zu spüren. Die Anzahl an Extremwetterereignissen, wie Hitzewellen, Trockenperioden und Starkregenereignissen nimmt zu. Lokale Überflutungen in Folge von Starkregenereignissen treten vor allem in den stark verdichteten Gebieten der Stadt, wie der Innenstadt sowie der Nord- und Südstadt oder in Grone auf. Weitere potenzielle Gefahren in Folge von Wassererosion gehen von den Landwirtschaftsflächen in den Hanglagen aus.

Klimaschutz und Klimaanpassung sind essenzielle Werkzeuge, um die entstehenden neuen Herausforderungen durch den Klimawandel abzumildern. So konnten bereits mit der Ende 2021 abgeschlossenen Gefährdungsanalyse Starkregen in Göttingen mehrere Handlungserfordernisse aufgezeigt werden. Um auch die Starkregenvorsorge für private Gebäudeeigentümer:innen zu stärken, gibt es zudem ein umfassendes Informations-, Beratungs- und Förderangebot der Stadt Göttingen. Aktuell fehlt jedoch noch ein integriertes Konzept, um für diese Defizite entsprechende Lösungswege zu skizzieren. Bis Mitte August 2024 hat die Stadt Göttingen sich daher zum Ziel gesetzt, auf Basis standortspezifischer Analysen und Prognosen ein umfangreiches Konzept für die wasserbewusste Stadtentwicklung zu erstellen. Das Endergebnis dieses Vorhabens ist der Stadtwasserhitzeplan (SHP), der langfristig zur Verankerung des aktiven Managements des urbanen Wasserhaushaltes und der Stadtnatur beitragen soll.

Der dem SHP zugrundeliegende Ansatz der wasserbewussten Stadtentwicklung vereint die Hitze-, Trockenheits- und Starkregenvorsorge. Dazu wird das Potenzial naturbasierter Lösungen analysiert. Nach diesem Ansatz liegen die Ursachen aber auch die Lösungen dieser Problematiken in den städtischen Oberflächen. Im Vordergrund stehen daher Lösungswege und Maßnahmen, die sich auf die Weiterentwicklung und Umgestaltung von Oberflächen beziehen, sodass diese während eines Wasserüberschuss zur Retention genutzt werden können und während eines Wassermangels über den Prozess der Evapotranspiration zur Minderung der Auswirkungen von Hitzeperioden beitragen.

Im vorliegenden Bericht wird der Fokus auf das AP1 „Wasser“ gelegt bzw. auf die Belastungsanalyse und Planungshinweiskarte (PHK) „Niederschlag“. Ergänzend dazu wird eine Stadtklimaanalyse in AP2 „Hitze“ durchgeführt. Beide Arbeitspakete werden im Rahmen des SHP in AP3a „Konzept“ zusammengeführt und abschließend in AP3b „Standorte“ auf zwei beispielhafte Modellstandorte angewendet.

Im AP1 „Wasser“ erfolgt eine Starkregenrisikoanalyse auf Grundlage der Starkregengefahrenkarte der Stadt Göttingen aus dem Jahr 2021. Die Starkregengefahrenkarten zeigen an, in welchen Bereichen bei unterschiedlichen Oberflächenabflussszenarien große Überflutungstiefen, Überflutungsausdehnungen oder hohe Fließgeschwindigkeiten zu erwarten sind.

Ziel der Starkregenrisikoanalyse ist es, das Gefährdungs- und Schadenspotential für die vulnerable Infrastruktur (und alle Gebäude in Göttingen) miteinander zum „Starkregenrisiko“ zu verknüpfen und in einer Starkregenrisikokarte darzustellen. Mit der Starkregenrisikoanalyse wird für jedes Gebäude in Göttingen in Abhängigkeit von der starkregenbedingten Überflutungssituation und Nutzung ein Risikopotenzial ermittelt (vgl. Kapitel 3).

Um die Belastung vollständig abzubilden, wird die Risikoanalyse, die sich auf die Gebäudeebene beschränkt, um eine Defizitanalyse ergänzt (vgl. Kapitel 5.1). Diese Defizitanalyse geht über den Einfluss von Starkregen bzw. den daraus resultierenden Sturzfluten hinaus und umfasst auch den Bereich Hochwasser (vgl. Kapitel 5.1.2).

Analog zu der Defizitanalyse wird für das Themenfeld „Wasser“ eine Potenzialanalyse für Anpassungsmaßnahmen durchgeführt. Betrachtet werden Maßnahmen zur Retention von Oberflächenwasser in Freiflächen sowie Straßen- und Außenraum als auch Maßnahmen zum Hochwasserrückhalt (vgl. Kapitel 5.2).

Die Defizit- und Potenzialanalysen werden für zwei unterschiedliche Zeiträume durchgeführt: Heute und 2050. Die Analysen für das Jahr 2050 setzen Kenntnisse über zukünftige Veränderungen des Niederschlagsverhaltens voraus. Um diese zu erhalten, wird eine Niederschlagsprognose für das Stadtgebiet von Göttingen erstellt. Das Ergebnis dieser Prognose sind qualitative Aussagen zur Veränderung des Niederschlagsverhaltens, die auf Basis von ermittelten Kenntnissen zum Wasserhaushalt, aktueller Fachliteratur und Forschungsergebnissen getroffen werden (vgl. Kapitel 4).

Die Ergebnisse der Starkregenrisikoanalyse werden in der Starkregenrisikokarte festgehalten. Die Ergebnisse aus Defizit- und Potenzialanalyse werden in der PHK „Niederschlag“ zusammengefasst. Diese ist thematisch in Potenziale und Defizite unterteilt, um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten.

2 Verwendete Datengrundlage

2.1 Grundlagendaten der Stadt Göttingen

Die Stadt Göttingen (AG) stellte Daten des amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) zur Verfügung. Diesen Daten können Informationen über Gebäude- und Flächennutzungen entnommen werden. Sie wurden am 20.02.2023 zur Verfügung gestellt (Datenstand 12/2022).

Die Überflutungssituation wird durch die Starkregengefahrenkarte von Göttingen abgebildet, die 2021 vom Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH (itwh GmbH) erstellt wurde. Diese basiert auf einer stadtgebietsweiten Überflutungs-berechnung (1D-Kanalnetzabfluss / 2D-Oberflächensimulation). Die Grundlage für die Berechnungen bildete ein digitales Geländemodell mit einer Auflösung von 1 m (DGM1), welches in Bereichen von Brücken und Durchlässen angepasst wurde.

Die Berechnungen wurden für drei unterschiedliche Niederschlagsbelastungen bzw. Abflussszenarien (AS) durchgeführt (vgl. Tabelle 1). Für die vorliegenden Analysen wurden die Ergebnisse des AS3 genutzt.

Tabelle 1 Übersicht über die Modellparameter

AS	Niederschlag	Rauigkeiten	Verlustansatz	Versickerung
1	T = 30 a ¹	Differenziert ²	Differenziert ³	Differenziert ⁴
2	T = 50 a ¹	Differenziert ²	Differenziert ³	Differenziert ⁴
3	T = 100 a ¹	Differenziert ²	Differenziert ³	Differenziert ⁴

¹ Niederschlagsvolumen nach KOSTRA-DWD 2010R (Euler-Typ II, D = 60 min)

² differenziertere Rauheiten nach Flächennutzung (Straße, Gewässer, Grünfläche, Acker)

³ differenziertere Verlustansätze (Verlust an das Kanalnetz (Bemessungsregenspende $r(5,2)$), Benetzungsverlust, Muldenverlust nach Flächennutzung)

⁴ differenzierte Versickerungsansätze nach Bodenart (flächenhafte Annahme der Standardparameter für Sandboden)

Zur Ermittlung der vulnerablen Infrastruktur und der Gebäudenutzung wurden neben den Daten aus ALKIS und OpenStreetMap (OSM) weitere Vektordatensätze von der Stadt Göttingen zur Verfügung gestellt:

- Kindertagesstätten
- Öffentliche Gebäude
- Gebäudeschriften
- Stadtgrundkarte

2.2 Frei verfügbare Grundlagendaten

Aufgrund der hohen Verfügbarkeit von OpenData-Beständen in Niedersachsen standen für die Projektbearbeitung weitere Daten zur Verfügung (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) 2.0 (<https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>)):

- Digitales Orthophoto (DOP)
- Digitales Landschaftsmodell (Basis-DLM)

Für die Betrachtung der Gefährdung durch Hochwasser und die Darstellung der räumlichen Betroffenheit im Stadtgebiet Göttingen wurden darüber hinaus folgende Daten verwendet:

- Retentionskataster / potenziell nutzbare Rückhalteflächen an Gewässern (Datenlizenz Deutschland Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) 2.0 (<https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>)) (NLWKN 2021)
- Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikogebiete für ein Extremhochwasser (HQ_{extrem}) (Datenlizenz Deutschland Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) 2.0 (<https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>)) (NLWKN 2013)

Die Informationen zur Gebäudenutzung aus ALKIS wurden ergänzt um Informationen aus OpenStreetMap (OSM) (Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 license (CC BY-SA 2.0)). Der frei verfügbare OpenStreetMap-Geodatensatz wurde für das gesamte Stadtgebiet von Göttingen am 20.02.2023 heruntergeladen, sodass von einem Datenstand von 01/2023 auszugehen ist. Es gilt jedoch zu beachten, dass es sich nicht um einen amtlichen und abschließend geprüften Datensatz handelt, sodass die Qualität in Bezug auf die Aktualität und Genauigkeit immer kritisch hinterfragt werden sollte.

3 Risikoanalyse

3.1 Vorgehensweise der Risikoanalyse

Grundsätzlich kann eine potenzielle Gefährdung vulnerabler und sensibler Infrastruktur durch Starkregen eintreten, wenn Oberflächenwasser durch Kellerfenster, Lichtschächte, sonstige Eingänge oder (Tief-)Garagen eindringt oder lange an dem Gebäude ansteht.

In einer Risikoanalyse erfolgt eine weitergehende Betrachtung der Überflutungsgefährdung (Ergebnisse der Gefährdungsanalyse) und des spezifischen Schadenspotentials. Dabei werden die Erkenntnisse zur Gefährdung (durch Überflutung) mit den Erkenntnissen zum Schadenspotenzial (z. B. vulnerable Infrastruktur, kommunale Einrichtungen etc.) zum Überflutungsrisiko verknüpft.



Bild 1 Ableitung des „Risikos“ aus Gefährdung und Schadenspotenzial

Während die Überflutungsgefährdung recht zuverlässig ermittelt werden kann, unterliegt die Bewertung möglicher Schäden durch starkregenbedingte Überflutungen erheblichen Unsicherheiten. Dies gilt insbesondere für monetäre Schadensbewertungen, die von den baulichen Elementen und Besonderheiten eines Gebäudes (Baukonstruktion, Baumaterialien etc.) abhängen. Hinzu kommt, dass auch bei gleicher Nutzungskategorie von Gebäuden und Freiflächen unterschiedliche Schadenssummen resultieren können, sodass die Ergebnisse der Analyse des Schadenspotenzials vorrangig als qualitative Bewertung verstanden und ergänzend möglichst einer ortsbezogenen Plausibilitätsprüfung unterzogen werden sollten (MULNV, 2018).

Ziel der Starkregenrisikoanalyse ist es, das Gefährdungs- und Schadenspotential für die vulnerable Infrastruktur (und alle Gebäude in Göttingen) miteinander zum „Starkregenrisiko“ zu verknüpfen.

Die Umsetzung erfolgt in Anlehnung an die Hinweise des DWA-M 119:2016 und unter Beachtung aktueller Regelwerksentwicklungen (DWA-A 118:2024 und DWA-Arbeitsgruppe AG ES 2.8 „Integrale Starkregengefahren- und Hochwassergefahrenkarten“) sowie der teilweise vorliegenden Leitfäden zum Starkregenrisikomanagement in den Bundesländern.

Hinweis: Seit 06/2024 liegt der Leitfaden für die Erstellung eines Starkregenrisikomanagements in Niedersachsen vor (Leitfaden des UAN „Kommunale Starkregenvorsorge in Niedersachsen, Leitfaden für Städte und Gemeinden“, https://www.uan.de/fileadmin/UAN/Dokumente/Service/Publikation_Downloads/Starkregenvorsorge/2024-05-22_Leitfaden_Kommunale_Starkregenvorsorge_WEB.pdf).

Die Projektbearbeitung des AP1 „Wasser“ erfolgte zwischen 02/2023 und 05/2024, sodass der Leitfaden nicht berücksichtigt wurde.

Die Einschätzung der Überflutungsrisiken ist auf der Grundlage der bereits erstellten Starkregengefahrenkarte (Gefährdungsanalyse) zu treffen. Hierzu ist die ermittelte und in den Starkregengefahrenkarten dargestellte Überflutungsgefährdung (max. Wassertiefen für eine festzulegende Jährlichkeit; empfohlen T = 50 a oder T = 100 a) mit dem Schadenspotenzial (vulnerable Objekte) zu verknüpfen.

Zur ersten Einschätzung des Risikos werden stadtgebietsweite Analyse durchgeführt. Dabei erfolgt die Risikoanalyse in drei nacheinander zu vollziehenden Schritten:

Schritt 1: Auswertung der vorliegenden Starkregengefahrenkarten

Die Starkregengefahrenkarten zeigen an, in welchen Bereichen bei unterschiedlichen Oberflächenabflussszenarien große Überflutungstiefen, Überflutungsausdehnungen oder hohe Fließgeschwindigkeiten zu erwarten sind. Durch Auswertung der Starkregengefahrenkarten sind für den festgelegten Lastfall die besonders überflutungsgefährdeten Siedlungsbereiche, Objekte und Anlagen herauszuarbeiten.

Schritt 2: Ermittlung und Bewertung vulnerabler Objekte

Im Zuge der Schadenspotenzialanalyse sind die vulnerablen Objekte zu identifizieren, für die bei Starkregenereignissen besondere Gefahren für die menschliche Gesundheit bzw. erhebliche Schäden und Beeinträchtigungen zu erwarten sind (Grundlage ALKIS-Nutzungen und Hinweise im DWA-M 119 bzw. weitergehende Leitfäden).

Schritt 3: Flächenhafte Bewertung der lokalen Überflutungsrisiken

Zur Bewertung der objekt- bzw. anlagenbezogenen Überflutungsrisiken werden Überflutungsgefährdung gebäudescharf und Schadenspotential (ALKIS-Ebene) verschnitten und ausgewertet (Risikoanalyse). Basierend auf den identifizierten vulnerablen Objekten, Bereichen und Infrastruktureinrichtungen kann eine Priorisierung der Objekte erfolgen und entsprechende Handlungsschwerpunkte ausgewiesen werden (weiteres Initial der Maßnahmenkonzeption). Ergebnis ist ein Punktdatensatz und Kartendarstellung mit den priorisierten Risikoobjekten.

Das DWA-M 119 beschreibt verschiedene Arten einer Risikobewertung. Dabei wird zwischen einer vereinfachten und detaillierten Risikobewertung differenziert (DWA, 2016). Bild 2 fasst die verschiedenen Darstellungsformen in sog. Themenplänen zusammen.

Themenplan 1	Themenplan 2	Themenplan 3	Themenplan 4	Themenplan 5
Gefährdungsanalyse	vereinfachte Risikoanalyse	detaillierte Risikoanalyse	detaillierte Risikoanalyse	detaillierte Risikoanalyse
- Darstellung der Überflutungsausdehnung und -tiefen bei Starkregen (max. Wassertiefen) - Darstellung der Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung (max. Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung)	- Darstellung der Überflutung bei Starkregen (max. Wassertiefen) - Darstellung von überflutungsgefährdeten Objekten (Gebäude)	- Darstellung der Überflutung bei Starkregen (max. Wassertiefen) - Darstellung des Schadenspotentials (Gebäudenutzung)	- Darstellung der Überflutung bei Starkregen (max. Wassertiefen) - Darstellung des Schadenspotentials (Gebäudenutzung) und Kennzeichnung von überflutungsgefährdeten Gebäuden	- Darstellung der Überflutung bei Starkregen (max. Wassertiefen) - Darstellung des Überflutungsrisikos (Überlagerung von Gefährdung und Schadenspotentials)
Überflutung bei Starkregen max. Wassertiefen < 0,10 m 0,10 m bis 0,30 m 0,30 m bis 0,50 m 0,50 m bis 1,00 m > 1,00 m	Überflutung bei Starkregen max. Fließgeschwindigkeiten < 0,2 m/s 0,2 m/s bis 0,5 m/s 0,5 m/s bis 2,0 m/s > 2,0 m/s Fließpfeile (Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit)	Überflutung bei Starkregen max. Wassertiefen < 0,10 m 0,10 m bis 0,30 m 0,30 m bis 0,50 m 0,50 m bis 1,00 m > 1,00 m spezifische Überflutungsgefährdung der Gebäude gering (< 0,10 m) mäßig (0,10 m bis 0,30 m) hoch (0,30 m bis 0,50 m) sehr hoch (> 0,50 m)	Überflutung bei Starkregen max. Wassertiefen < 0,10 m 0,10 m bis 0,30 m 0,30 m bis 0,50 m 0,50 m bis 1,00 m > 1,00 m Schadenspotential auf Grundlage der Gebäudenutzung gering mäßig hoch sehr hoch	Überflutung bei Starkregen max. Wassertiefen < 0,10 m 0,10 m bis 0,30 m 0,30 m bis 0,50 m 0,50 m bis 1,00 m > 1,00 m Schadenspotential auf Grundlage der Gebäudenutzung gering, nicht gefährdet gering, gefährdet mäßig, nicht gefährdet mäßig, gefährdet hoch, nicht gefährdet hoch, gefährdet sehr hoch, nicht gefährdet sehr hoch, gefährdet spezifisches Überflutungsrisiko der Gebäude gering mäßig hoch sehr hoch
Quelle: modifiziert nach Jeskulke, 2018 (unveröffentlicht)				

Bild 2 Risikobewertungen nach DWA-M 119 (modifiziert nach: Jeskulke 2018, unveröffentlicht)

Die Ergebnisse der Risikoanalyse in Göttingen werden in Abstimmung mit dem Auftraggeber in Form des Themenplans 5 ausgearbeitet.

3.2 Festlegung des Schutzziels

Zur Durchführung der Risikoanalyse auf Grundlage der Ergebnisse der hydraulischen Gefährdungsanalyse ist zunächst ein Schutzziel für die Auswahl der zu analysierenden Gebäude / Überflutungsschwerpunkte und ihrer Auswirkungen festzulegen. Dabei kann die Festlegung des Schutzziels jedoch dynamisch sein, vielmehr generellen Zielvorgaben entsprechen und sich ggf. auch langfristig verändern.

Schutzziele dienen den Verantwortungsträgern zur periodischen Überprüfung des Handlungsbedarfs in ihrem Verantwortungsbereich. Das Erfassen des Gesamtrisikos und dessen Monitoring stellt dabei eine Verbundaufgabe dar.

In Abstimmung mit der Stadt Göttingen wurde das übergeordnete Schutzziel „max. Wassertiefen am Gebäude sollen kleiner als 30 cm für den Lastfall $T = 100$ a sein“ für die zu analysierenden Risikoobjekte festgelegt.

3.3 Vereinfachte Risikoanalyse

Risikoanalysen können unterschiedlich detailliert erfolgen. In Abhängigkeit von dem Detailgrad wird unterschieden in vereinfachte und detaillierte Risikoanalysen (vgl. Bild 2).

Eine vereinfachte Risikoanalyse kann in zwei Varianten durchgeführt werden:

- Analyse der spezifischen Überflutungsgefährdung der Gebäude (beispielsweise durch die Ermittlung der maßgeblichen max. Wassertiefe am Gebäude) ohne eine flächenbezogene Auswertung des Schadenspotentials (siehe Bild 2, Themenplan 2).
- Darstellung des spezifischen Schadenspotentials ohne Analyse der spezifischen Überflutungsgefährdung des Gebäudes (siehe Bild 2, Themenplan 3).

Eine Überlagerung von Schadenspotential und Gefährdung erfolgt dabei nicht.

Detaillierte Strukturen, wie bewohnte Kellerräume, differenzierte Gebäudenutzung oder die Lage von Ver- und Entsorgungselementen können bei der Zuweisung des Schadenspotentials im Rahmen einer stadtgebietsweiten Betrachtung nicht gebäudescharf berücksichtigt werden, da keine exakten Informationen hierzu vorliegen.

Für die Stadt Göttingen wurde daher die vereinfachte Risikoanalyse (Prozess nach Themenplan 2) für alle vorliegenden Gebäude durchgeführt. Die Datenbasis für die Ermittlung der Gebäude bildete der Datenbestand aus ALKIS, der ergänzt wurde um Gebäude aus der Stadtgrundkarte. Informationen zu kleineren Gebäuden, wie bspw. Gartenhütten, wurden aus dem OSM-Datensatz gewonnen. Ein Abgleich mit dem DOP ermöglichte zudem die Berücksichtigung von Neubauten.

Im Rahmen der vereinfachten Risikoanalyse wird zunächst die Gefährdung jedes Gebäudes infolge einer Überflutung ermittelt. Diese ergibt sich aus der räumlichen Nähe zu den simulierten max. Wassertiefen für das Abflussszenario 3 (Niederschlagsbelastung $T = 100$ a). Die Informationen zur max. Wassertiefe wurden der Starkregengefahrenkarte von Göttingen entnommen. Mit Hilfe eines vektorbasierten Verfahrens wurde für jedes Gebäude eine „maßgebende Wassertiefe“ ermittelt. Die maßgebende Wassertiefe wurde hierbei als max. Wassertiefe innerhalb eines Suchradius von 1,5 m um ein Gebäude definiert. Zur Bestimmung der max. Wassertiefe wurden alle Tiefenangaben (Zellmittelpunkte der Wassertiefenraster) innerhalb des festgelegten Suchradius ausgewertet. Der Suchradius wurde angesetzt, um unterschiedliche Auflösungen und Strukturen der Grundlagendaten (Wassertiefe, Gebäudestrukturen) auszugleichen. Eine Beschreibung und Bewertung der genannten Unterschiede findet sich bei Jeskulke et al. (2018).

Die Genauigkeit der Risikoanalyse ist abhängig von der Qualität der Starkregengefahrenkarte. Im Erläuterungsbericht zur Erstellung der Starkregengefahrenkarte wird darauf hingewiesen, dass sich bei der Plausibilisierung der berechneten Ergebnisse „nur teilweise eine gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen“ zeigte (Stadt Göttingen, 2022). Da die Risikoanalyse auf diesem Datenbestand aufbaut, ist die ermittelte stadtgebietsweite Risikoeinschätzung in Teilen ohne die Durchführung zusätzlicher Simulationen (nicht Bestandteil dieses Auftrages) zu bewerten.

Weitere Unschärfen ergeben sich aus den Aktualitätsunterschieden zwischen Starkregengefahrenkarte bzw. max. Wassertiefen (Stand 2021) und der Lage der Gebäude (Stand 2023). Falls Gebäude beispielsweise erst nach der Erstellung der Starkregengefahrenkarte errichtet wurden, wurden sie bei der Simulation nicht als potenzielle Hindernisse für den Oberflächenabfluss berücksichtigt. Dadurch fließt das Oberflächenwasser in diesen Bereichen ungehindert über das inzwischen bebaute Grundstück. Während es in der Realität aufgrund der Bebauung zu höheren Wassertiefen, zum Beispiel an Kelleraußentreppen, Lichtgräben etc. und unterbrochenen Fließwegen (Gebäude als Fließhindernis) kommen kann, werden in der Risikoanalyse keine erhöhten Werte ausgegeben. Potenziell vorhandene Baugruben verschärfen diese Problematik, da in der Starkregengefahrenkarte in diesen Bereichen besonders hohe Wassertiefen darstellt werden.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass für Gebäude, die nach der Erstellung der Starkregengefahrenkarte erbaut wurden, von fehlerhaften Angaben der Wassertiefen auszugehen ist. Dabei sind sowohl positive als auch negative Abweichungen in Bezug auf die Zuweisung einer spezifischen Gefährdung möglich.

Eine weitere Einschränkung ergibt sich aus der Größe des Simulationsgebietes der Starkregengefahrenkarte, da dieses nicht deckungsgleich mit der Ausdehnung des Stadtgebietes ist. Die 194 Gebäude, die außerhalb dieser Grenze lagen, konnten daher bei der Risikoanalyse nicht berücksichtigt werden.

Die Zuordnung der Gefährdungsklasse (GK) auf Grundlage der ermittelten Wassertiefe wird in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Einordnung der maßgebenden Wassertiefen (Maximalwert) in Gefährdungsklassen

Gefährdungsklasse (GK)	Bezeichnung	Max. Wassertiefe x in m
0	keine	$x = 0,00$
1	gering	$0,00 < x \leq 0,10$
2	mäßig	$0,10 < x \leq 0,30$
3	hoch	$0,30 < x \leq 0,50$
4	sehr hoch	$x > 0,50$

3.4 Detaillierte Risikoanalyse

Für die flächenbezogene Auswertung des Schadenspotenzials wurde in Abstimmung mit der Stadt Göttingen eine Ersteinschätzung des Schadenspotenzials vorgenommen.

Vereinfachend kann die Nutzung von Gebäuden und Flächen als Maß der Anfälligkeit für Schäden durch Überflutungen in Folge von Starkregenereignissen herangezogen werden. Gemäß dem in den Gebäudeelementen in ALKIS hinterlegten Parameter „Gebäudfunktion“ ließ sich daher ein abgestuftes relatives Schadenspotenzial für die einzelnen Gebäudenutzungen festlegen. Für die auf Grundlage von OSM und dem Luftbild hinzugefügten Gebäude wurden die Informationen zur Nutzung, soweit möglich, um die Nutzungsangaben aus dem OSM-Datensatz ergänzt. Für 1.733 Gebäude konnten trotz dieser Verschneidung keine Informationen zur Nutzung generiert und somit kein Risikopotenzial ermittelt werden.

Um einen möglichst zuverlässigen Datensatz zur vulnerablen und sensiblen Infrastruktur zu erhalten, wurde die Nutzung der entsprechenden Gebäude mit anderen kommunalen Datensätzen, welche Informationen zu Kindertagesstätten, öffentlichen Gebäuden und anderen wichtigen Einrichtungen enthielten, abgeglichen und ergänzt.

Zur Festlegung des Schadenspotenzials wurden alle auftretenden Gebäudenutzungen auf vier Klassen von „geringem“ (Schadenspotenzialklasse 1) bis zu „sehr hohem“ (Schadenspotenzialklasse 4) Schadenspotenzial, verteilt. Bei unbekannter Nutzung wurde eine Schadenspotenzialklasse von 0 vergeben, da eine Bestimmung an dieser Stelle nicht möglich war. Als Grundlage einer möglichen Klassifizierung des Schadenspotenzials nach Nutzungsart dienten die Informationen nach DWA M-119 (DWA, 2016) in Verbindung mit Tabelle 6 der NRW-Arbeitshilfe (MULNV, 2018).

In einer detaillierten Risikoanalyse erfolgt eine Verknüpfung der objektbezogenen Ergebnisse der belastungsabhängigen Gefährdungsanalysen mit den Ergebnissen einer Schadenspotenzialanalyse. Den Ausführungen in der NRW-Arbeitshilfe folgend kann die Analyse des Schadenspotenzials vereinfachend zunächst als eine qualitative Ersteinschätzung möglicher Schäden an Objekten verstanden werden, bei der keine tatsächlichen monetären und nicht-monetären Schäden ermittelt werden (MULNV, 2018). Die Arbeitshilfe wurde genutzt, da die Informationen, die in der Arbeitshilfe für NRW bereitgestellt werden, nicht bundeslandspezifisch sind und es für Niedersachsen (noch) kein vergleichbares Dokument gibt.

Auf Grundlage der ermittelten Überflutungsgefährdung (max. Wassertiefen am Gebäude) und der vereinfachten Schadenspotentialanalyse (Zuordnung auf Basis der Nutzung) werden die beiden Datensätze für eine detaillierte Risikobewertung in einer Risikomatrix verknüpft. Das Ergebnis ist die klassifizierte Bewertung des gebäudespezifischen Überflutungsrisikos (1: gering, 2: mäßig, 3: hoch, 4: sehr hoch).

Dabei erfolgte eine Verschneidung auf Grundlage von Tabelle 3. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vereinfachende Annahmen aus der Schadenspotenzialanalyse in die Ermittlung des Überflutungsrisikos übertragen werden.

Tabelle 3 Risikomatrix zur Ermittlung des klassifizierten Überflutungsrisikos („gering“ = 1 bis „sehr hoch“ = 4) auf Grundlage der ermittelten Überflutungsgefährdung (Betroffenheit) und des zugeordneten Schadenspotentials

Überflutungsrisiko		Schadenspotential			
		gering	mäßig	hoch	sehr hoch
Betroffenheit	gering	gering	gering	mäßig	mäßig
	mäßig	gering	mäßig	mäßig	hoch
	hoch	mäßig	mäßig	hoch	sehr hoch
	sehr hoch	mäßig	hoch	sehr hoch	sehr hoch

3.5 Starkregenisikokarte

Bei der vereinfachten Risikoanalyse wird die Überflutung bei Starkregen ab einer max. Wassertiefe von 10 cm inklusive der gebäudespezifischen Überflutungsgefahr und bei der detaillierten Risikobetrachtung das Überflutungsrisikos als Überlagerung von Gefährdung und Schadenspotenzial (Themenplan 5) dargestellt.

Die beschriebenen Analysen wurden für alle stadtgebietsweiten undurchströmbaren Gebäude durchgeführt. Dabei erfolgte eine Betrachtung des Lastfalls T = 100 a (itwh, 2021). Die Endergebnisse der Analysen wurden in einer Shape-Datei zusammengestellt und in Starkregenisikokarten zusammenfassend aufbereitet (vgl. Bild 3).

Tabelle 4 Erstellte Themenpläne zur Starkregengefahrenanalyse

Themenplan	LV	Beschreibung Lastfall	Niederschlag	Planart
5.1	1.1	Starkregenrisikokarte (detaillierte Risikoanalyse) zur Abbildung des Überflutungsrisikos	T = 100 a	Übersichtsplan (spezifisches Überflutungsrisiko der Gebäude)
5.2	1.1	Starkregenrisikokarte (detaillierte Risikoanalyse) zur Abbildung des Überflutungsrisikos	T = 100 a	Detailpläne 1:3.500 (spezifisches Überflutungsrisiko der Gebäude)

Schadenspotenzial und Schadensklasse

Aufgrund der Gebäudefunktion vergebene Schadensklasse bzw. Schadenspotenzial:

- 1 = gering
- 2 = mäßig
- 3 = hoch
- 4 = sehr hoch

Maximale Wassertiefe am Gebäude

Die jeweilige max. Wassertiefe, die sich in einem 1,5 m Suchradius um das Gebäude ergibt:

- W_T100:
T = 100 a

Gefährdungsklasse (Betroffenheit)

Zuordnung einer max. Wassertiefe zu einer Gefährdungsklasse:

- W_T100_Kla:
T = 100 a

jeweils mit der Benennung / Klassifizierung:

- 1 = gering
- 2 = mäßig
- 3 = hoch
- 4 = sehr hoch

Risikoklasse

Kombination der Gefährdungsklasse mit dem Schadenspotenzial mit Hilfe der Risikomatrix:

- R_T100:
T = 100 a

jeweils mit der Benennung/Klassifizierung:

- 1 = gering
- 2 = mäßig
- 3 = hoch
- 4 = sehr hoch

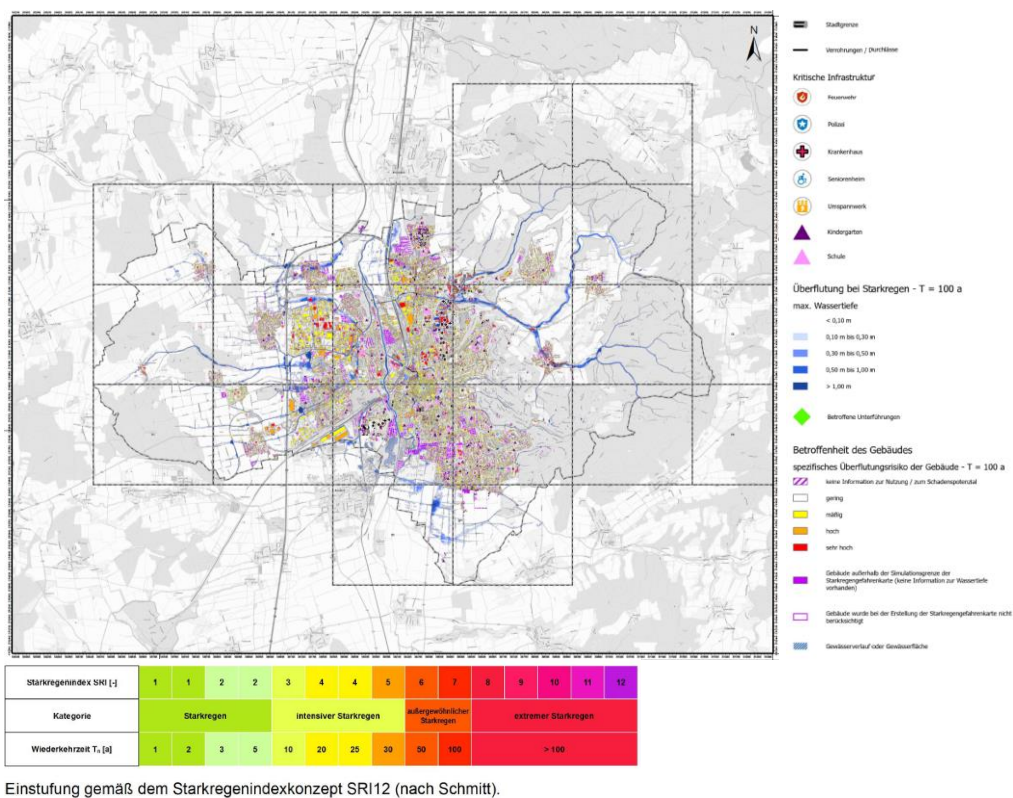


Bild 3 Ausschnitt der Starkregenrisikokarte Göttingen (als Anlage enthalten)
(Hintergrundkarte: WebAtlasNI, „Datenlizenz Deutschland – LGLN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>))

4 „Niederschlagsprognose“ 2050

Im Rahmen der Analyse der klimawandelbedingten Änderungen des Niederschlagsgeschehens „Niederschlagsprognose 2050“ sollen qualitative Aussagen zur generellen Entwicklung des Niederschlagsgeschehens und insbesondere damit verbunden auch zur starkregenbedingten Zunahme der Überflutungsrisiken getätigt werden.

Als Ergebnis werden Hinweise zu einer zukünftigen Bemessungsgrundlage bzw. Unsicherheitsbereiche aktueller Bemessungsansätze, mögliche Änderungen von Gefährdungs- und Risikopotenzialen sowie erwartete Änderungen relevanter klimatologischer Kennwerte ermittelt und dargestellt. Die Ergebnisse werden anschließend in die Defizit- und Potenzialanalyse (vgl. Kapitel 5) einfließen.

4.1 Aktuelle Regelwerke, Fachliteratur und Forschungsergebnisse

Kisseler et al. (2023) fassen zusammen, dass für Deutschland angenommen wird, dass durch den Klimawandel sowohl die jährlichen Niederschlagssummen als auch die Anzahl extremer Niederschlagsereignisse zunehmen werden (Nilson et al., 2014), wobei regional Unterschiede auftreten können. Dieser Anstieg liegt unter anderem an der zunehmenden Persistenz von Großwetterlagen, da die relative Ortsfestigkeit von Wetterlagen lokal zu extremen Niederschlagsmengen führen kann (Pfleiderer et al., 2019).

Bereits in der DIN EN 752 (2008) wurde festgehalten, dass mögliche Auswirkungen des Klimawandels im Rahmen der Bemessung von Entwässerungssystemen "in Betracht zu ziehen" sind. Dies wird auch in der aktuellen Version DIN EN 752:2017 gefordert, ohne quantitative Vorgaben zu machen.

Im DWA-Arbeitsblatt DWA-A 118 aus März 2006 wurden noch nicht unmittelbar die Auswirkungen des Klimawandels in den Bemessungsgrundlagen aufgenommen. Im überarbeiteten Arbeitsblatt DWA-A 118 (2024) sind hingegen diese Aspekte aufgegriffen und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die anzusetzenden Belastungsgrößen qualitativ bewertet. Auch hier wird aufgrund der Unsicherheiten in der „exakten“ Vorhersage, jedoch aufgrund der definitiv prognostizierten Zunahme von Starkregenereignissen empfohlen, für Neuplanungen und Sanierungen Szenario-Betrachtungen durchzuführen, um die Auswirkungen geänderter Niederschlagsintensitäten in Folge des Klimawandels zu untersuchen (Sensitivitätsanalysen, Szenario-Betrachtungen). Ein pauschaler Zuschlagsfaktor für die Regenbelastung wird bei Neuplanungen und Sanierungen von Entwässerungssystemen für Regen- und Mischwasserkanäle derzeit grundsätzlich nicht empfohlen.

Die Szenario-Betrachtung kann sich beispielsweise aus der Betrachtung der nächsten Häufigkeitsstufe nach KOSTRA-DWD ergeben, um einzugrenzen, ob bzw. welche

Überstaubereiche/Überflutungsbereiche sich bei stärkerer Regenbelastung ergeben (DWA-A 118, 2024).

Aus den Untersuchungen des Forschungsprojektes KUK „Auswertung von Überflutungsereignissen in NRW und Hinweise zur Bemessung von Entwässerungssystemen vor dem Hintergrund des Klimawandels (LANUV, 2010) geht hervor, dass Untersuchungen niemals pauschal und isoliert (Betrachtung nur eines Szenarios), sondern nur im Rahmen von Sensitivitäts- und Risikoanalysen erfolgen sollten, um kein falsches Sicherheitsgefühl hervorzurufen, sondern gezielt auf Unsicherheiten hinzuweisen (Schmitt, 2011).

Aufgrund der Unsicherheiten in den globalen und regionalen Klimamodellen, sind Ensemblebetrachtungen unerlässlich, um belastbare Aussagen über zukünftige klimabedingte Änderungen treffen zu können (KLIWA, 2019).

In Tabelle 5 wird ein Überblick über Literaturangaben zur Niederschlagsprognosen der letzten 10 Jahre gegeben. Dabei liegt der Mittelwert aller Angaben bei rd. 20 % und der Median bei rd. 16 %.

Tabelle 5 Angaben zur Niederschlagsprognose (Änderungen der Summe bzw. Auftretshäufigkeit von Starkniederschlägen) in der Literatur (Auswahl)

Quelle	Zeitraum	Angaben zur Niederschlagsprognose
Uccle, Belgien (Willems et al., 2012)	1967-1993 vs. 2071-2100	Sehr starker Anstieg (67 bis 84 %)
Stockholm, Schweden; DS tuned/untuned (Willems et al., 2012)	1961-1990 vs. 2071-2100	Deutlicher Anstieg (13 bis 19 %)
Stockholm, Schweden, Grid Scale (Willems et al., 2012)	1961-1990 vs. 2071-2100	Deutlicher Anstieg (12 bis 14 %)
Dänemark, stoch. (Arnbjerg- Nielsen, 2012)	1961-1990 vs. 2071-2100	Deutlicher Anstieg (8 bis 18 %)
Dänemark, partiell (Arnbjerg- Nielsen, 2012)	1961-1990 vs. 2071-2100	Sehr starker Anstieg (25 bis 53 %)
Climate Analouge (Arnbjerg- Nielsen, 2012)	2071-2100	Starker Anstieg (35 bis 37 %)
BW (LUBW, 2010)	1961-1990 vs. 2025-2034	Sehr leichte Zu- oder Abnahme (5 bis (-1 %))
BW (LUBW, 2010)	1961-1990 vs. 2041-2050	Deutliche Abnahme (- 3 bis – (13 %))
Extreme Regenfälle (Kreienkamp et al., 2021)	-	1,2 bis 9-fache (allgemein)
RLP (Junghänel et al., 2022)	Ende des Jahrhunderts	Zunahme von Starkniederschlägen mit einer Wiederkehrzeit von T = 100 a (15-30 %)

Zudem weisen Junghänel et al (2022) unter Bezugnahme zu den Studien von Coppola et al. (2021) und Vautard et al. (2021) darauf hin, dass Niederschläge mit einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren am Ende dieses Jahrhunderts nicht nur um eine bis zu 15-30 % höhere Intensität aufweisen könnten, sondern sich auch die Häufigkeit von 100-jährlichen Niederschlägen verdrei- bzw. versechsfachen könnte. Gleichzeitig geben Kreienkamp et al. (2021) an, dass sich die Wahrscheinlichkeit für extreme Regenfälle durch den von Menschen verursachten Klimawandel laut einer ersten Studie um das 1,2 bis 9-fache erhöht. Die maximale Niederschlagsmenge hat sich inzwischen dabei um rd. 3 bis 19 % erhöht.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die meisten Studien eine Zunahme der Niederschlagsintensitäten sowohl für kurze als auch für längere Dauerstufen aufzeigen. Einige Studien weisen darauf hin, dass es in den Sommermonaten zu einer signifikanten Zunahme von lokal begrenzten Niederschlägen, die die Abflusskapazität von städtischen

Entwässerungssystemen erheblich überschreiten können, kommen kann. Eine belastbare Quantifizierung ist allerdings kaum möglich.

Im Forschungsprojekt ISAP (Integrative stadt-regionale Anpassungsstrategien in einer polyzentrischen Wachstumsregion: Modellregion – Region Stuttgart) hat die Dr. Pecher AG gemeinsam mit dem KIT und dem Verband Region Stuttgart VRS eine „Starkregengefahrenkarte für ein Zukunftsszenario“ erstellt und hierzu „Möglichkeiten und Grenzen“ der Ableitung von Bemessungsniederschlägen aus hochaufgelösten regionalen Klimamodellen bewertet.

Im Rahmen des Projektes wurde seitens des KIT Karlsruhe (Feldmann et al., 2021-2023) noch einmal betont, dass belastbare Beobachtungsdaten nicht für 100 Jahre vorliegen und im fortschreitenden Klimawandel nicht von einer Stationarität der Wiederkehrwerte ausgehen kann, sodass sich hohe Unsicherheiten bei der Vorhersage von zukünftigen Niederschlagsmengen ergeben. Aus diesem Grund wurden Sensitivitätsuntersuchungen mit Änderungsfaktoren zwischen 1,00 und 1,55 (für den Niederschlag T=100 a) durchgeführt. Die Spannbreite des Änderungsfaktors setzt sich aus einer Unsicherheit im Klimaänderungssignal und einer räumlichen Varianz der Ergebnisse zusammen (Grundlage bilden hochaufgelöste konvektionserlaubende regionale Klimamodelle).

Eine wichtige Grundlage für die Ableitung von Änderungen der Niederschläge auf Grundlage des klimatologischen Zukunftsszenarios ist die Tatsache, dass sich die Referenzperiode von 1971 bis 2000 auf einen ähnlichen Zeitraum wie die KOSTRA-DWD 2010R Zeitreihe von 1951 bis 2010 bezieht.

Für die Betrachtung in der Region Stuttgart wurde abschließend ein mittlerer Änderungsfaktor von 1,25 (Kombination aus Unsicherheiten und Klimaänderungssignal) festgelegt.

Das Klimaänderungssignal und die Unsicherheiten für Extremereignisse wurden durch das KIT weiter untersucht und entsprechend veröffentlicht (Hundhausen et al., 2024).

Wichtige Erkenntnisse sind:

- Ereignisse mit kurzen Dauerstufen und großen Wiederkehrzeiten werden sich am stärksten ändern.
- Die Simulationen zeigen, je nach Ensemblemitglied, ein Klimaänderungssignal von 6 bis 8,5 % je Kelvin (Erwärmung).
- Die räumlichen Unterschiede werden mit dem Klimawandel wahrscheinlich zunehmen.

Folgende Punkte lassen sich grundsätzlich aus den Untersuchungen zur Berücksichtigung des Klimawandels festhalten (Hochschule Bremen, 2017):

- Starkregenereignisse treten lokal und zeitlich begrenzt auf und können nach Angaben des DWD in Deutschland ortsunabhängige Regenmengen von bis zu 300 l/m² bedeuten (Halbig, 2016)
- Die Häufigkeit von Starkregenereignissen wird bis zum Jahr 2100 zunehmen (IPCC, 2022).
- Wirkungsvolle Anpassungsstrategien (im öffentlichen und privaten Bereich) werden für den Überflutungsschutz zukünftig eine noch wichtigere Rolle spielen.
- Auswirkungen von Starkregenereignissen sollten daher im Rahmen von Überflutungsberechnungen berücksichtigt werden.
- Maßnahmen zum Überflutungsschutz sollten in der Planungsphase auf ihre Sensitivität gegenüber Auswirkungen von Starkregenereignissen unterschiedlicher Intensität überprüft werden.
- Ein vollständiger Schutz kann aufgrund der Seltenheit der Extremereignisse nicht wirtschaftlich sein. Ein Restrisiko bleibt immer bestehen.
- Anpassung an den Klimawandel ist eine langfristige Aufgabe, die nur durch interdisziplinäre Stadtplanung wirkungsvoll gelöst werden kann.

4.2 Kenntage zum Wasserhaushalt für die Stadt Göttingen

Die Kenntage zum Wasserhaushalt werden durch die Ergebnisse der Klimamodellierung der GEO-NET Umweltconsulting GmbH (nachfolgend: GEO-NET) erfasst. Die neusten Emissionsszenarien (Representative Concentration Pathways, RCP) geben an, wie sich die Treibhausgas- und Aerosolkonzentrationen entwickeln müssen, um ein bestimmtes Klimaziel zu erreichen.

Aus den Analysen von GEO-NET für Göttingen geht hervor, dass heute im Mittel ein Ereignis mit Starkregen über 30 mm pro Tag im Jahr auftritt und dass sich dieses Auftreten tendenziell bis 2100 auf 1-2 Ereignisse pro Jahr erhöhen könnte. Konkrete(re) Angaben sind jedoch aufgrund der Seltenheit der Ereignisse auch für Göttingen schwer erfassbar. Beispielsweise werden lokale Gewitterstürme von den (Klima-)Modellen bisher nicht (immer) erfasst.

Aus den Analysen ergibt sich tendenziell eine moderate Zunahme des Jahresniederschlags (heute bei rd. 720 mm) um + 2 mm bis + 65 mm bis 2100. Zudem kommt es zu saisonalen Verschiebungen hinsichtlich trockenerer Sommer und feuchterer Winter und Frühjahre

sowie mittel- bis langfristig zu sich verschärfender sommerlicher Trockenheit (GEO-NET, 2023).

Die Ergebnisse des erwarteten Klimawandels von GEO-NET beziehen sich auf die Referenzperiode 1971-2000. In diesem Erläuterungsbericht wird der Fokus auf den Wirkkomplex „Starkregen“ gelegt. Dazu werden in Bild 4 und Bild 5 die Kenntage zum Wasserhaushalt hinsichtlich des Wirkkomplexes „Starkregen“ für die Referenzperiode 1971-2000 sowie für die Zukunftsperiode 2041-2070 sowie die prozentualen Veränderungen der Kennzahlen des Wirkkomplexes Starkregen für die Zukunftsperiode 2041-2070 aus der Klimamodellierung von GEO-NET für die Stadt Göttingen dargestellt. In Bild 4 und Bild 5 werden dabei analog zu Anhang AP2 „Hitze“ das 15. und 85. Perzentil (P15 und P85) sowie der Median (P50) der jeweiligen RCP-Szenarien dargestellt.

Absolut												
	1971-2000			2041-2070								
				RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5		
Parameter	P15	P50	P85	P15	P50	P85	P15	P50	P85	P15	P50	P85
Anzahl an Niederschlagstagen	95,00	114,50	128,30	86,20	113,60	129,50	92,20	114,90	135,80	89,40	114,80	133,50
Maximum [mm/Tag]	23,80	29,40	42,80	20,70	31,20	46,10	23,30	33,00	49,90	25,10	34,60	54,40
Anzahl an Tagen mit geringem Niederschlag [-]	51,00	56,00	66,30	46,00	54,70	66,60	46,00	54,60	67,30	46,80	54,00	66,80
Anzahl an Tagen mit mäßigem Niederschlag [-]	61,30	72,00	85,70	56,10	70,00	86,10	55,90	71,30	87,60	55,10	69,00	86,70
Anzahl der Tage mit starkem Niederschlag [-]	8,30	14,00	19,00	7,00	14,30	21,00	9,20	16,60	22,40	9,60	17,30	23,70
Anzahl der Tage mit stärkerem Niederschlag [-]	1,30	2,50	5,00	1,00	2,70	6,20	1,30	3,50	6,70	2,20	4,00	8,20
Anzahl der Tage mit Starkniederschlag [-]	1,00	1,00	1,00	0,80	0,90	1,30	0,80	1,20	1,70	1,10	1,50	1,80

Bild 4 Kenntage zum Wasserhaushalt hinsichtlich des Wirkkomplexes „Starkregen“ für die Referenzperiode 1971-2000 sowie für die Zukunftsperiode 2041-2070 aus der Klimamodellierung von GEO-NET für die Stadt Göttingen

Änderung (%)	Veränderung 2041-2070 zu 1971-2000								
	RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5		
	P15	P50	P85	P15	P50	P85	P15	P50	P85
Parameter									
Anzahl an Niederschlagstagen	-9,26	-0,79	0,94	-3,04	0,35	5,52	-6,26	0,26	3,90
Maximum [mm/Tag]	-13,03	6,12	7,71	-2,15	10,91	14,23	5,18	15,03	21,32
Anzahl an Tagen mit geringem Niederschlag [-]	-9,80	-2,32	0,45	-10,87	-2,56	1,49	-8,97	-3,70	0,75
Anzahl an Tagen mit mäßigem Niederschlag [-]	-8,48	-2,78	0,47	-9,66	-0,98	2,17	-11,25	-4,35	1,15
Anzahl der Tage mit starkem Niederschlag [-]	-15,66	2,14	10,53	9,78	15,66	15,18	13,54	19,08	19,83
Anzahl der Tage mit stärkerem Niederschlag [-]	-23,08	8,00	24,00	0,00	28,57	25,37	40,91	37,50	39,02
Anzahl der Tage mit Starkniederschlag [-]	-20,00	-10,00	30,00	-20,00	20,00	70,00	10,00	50,00	80,00

Bild 5 Ermittlung der prozentualen Veränderungen der Kennzahlen des Wirkkomplexes Starkregen für die Zukunftsperiode 2041-2070 aus der Klimamodellierung von GEO-NET für die Stadt Göttingen

Die Starkregengefahrenkarte der Stadt Göttingen wurden auf Grundlage der Niederschlagssummen des KOSTRA-DWD 2010R für einen Euler Typ II Regen und einer Dauerstufe von 60 Minuten erstellt. Da sich die Referenzperiode der Klimamodellierung auf die Jahre 1971 bis 2000 bezieht, wird auch hier analog zu den Ergebnissen des Forschungsprojektes ISAP eine Übertragung der prozentualen Änderung auf die Werte des KOSTRA-DWD 2010R durchgeführt.

An dieser Stelle sei ergänzend zu den Ausführungen in Kapitel 4.1 noch einmal erwähnt, dass es sich hierbei nur um eine rein qualitative Analyse unter Berücksichtigung zahlreicher Unsicherheiten handeln kann, diese jedoch als Grundlage für eine GIS-basierte Darstellung der Überflutungsrisiken 2050 genutzt werden soll, um in den Planungen der Stadt Göttingen auch den Klimawandel adäquat zu berücksichtigen.

In Bild 6 sind die Ergebnisse der prozentualen Änderungen dargestellt. Um einen Vergleich zu den Niederschlagssummen des KOSTRA-DWD 2020 und einer potenzielle Niederschlagsentwicklung für das Jahr 2050 zu erhalten, wurde die Ergebnisse entsprechend übertragen. 20 % beziehen sich dabei auf den Mittelwert und 5 % auf die geringste Zunahme der in Tabelle 5 aufgeführten Ergebnisse der Fachliteratur.

	hN [mm] T = 30 a	hN [mm] T = 50 a	hN [mm] T = 100 a
KOSTRA DWD 2010R (SRGK)	41,8	45,8	51,1
min. Niederschlagsprognose 2050 (+ 5 %)	43,9	48,1	53,7
max. Niederschlagsprognose 2050 (+ 20 %)	50,2	55,0	61,3
KOSTRA DWD 2020	36,2	40,0	45,5
min. Niederschlagsprognose 2050 (+ 5 %)	38,0	42,0	47,8
max. Niederschlagsprognose 2050 (+ 20 %)	43,4	48,0	54,6

Bild 6 Übertragung der maximalen prozentualen Änderung der Niederschlagssummen pro Tag auf die Niederschlagssummen von Starkregenereignissen mit Wiederkehrzeiten zwischen 30 und 100 Jahren aus dem KOSTRA-DWD-2010R und dem KOSTRA-DWD-2020

Die Ergebnisse der Niederschlagsprognose wurden für die Defizit- und Potenzialanalyse weiter genutzt. Auf dieser Grundlage wurde ein Szenario für die Zukunft erstellt (vgl. Kap. 5).

5 Defizit- und Potenzialanalyse „Niederschlag“

Das übergeordnete Ziel der Defizitanalyse „Niederschlag“ ist es, Handlungsbedarfe im Stadtgebiet vom Göttingen zu identifizieren. Mit einer Potenzialanalyse werden angelehnt an diese Handlungsbedarfe Anpassungspotenziale ermittelt.

Mit Blick auf den voranschreitenden Klimawandel wurden in der Potenzial- und Defizitanalyse zwei unterschiedliche Zeiträume betrachtet. Zunächst einmal erfolgte eine Betrachtung der gegenwärtigen Situation. Aufbauend auf den Ergebnissen aus der Niederschlagsprognose wurde anschließend geprüft, wie sich die festgestellten Defizite und Potenziale bis zum Jahr 2050 entwickeln könnten.

Die Ergebnisse der Defizit- und Potenzialanalyse „Niederschlag“ werden in der Planungshinweiskarte „Niederschlag“ dargestellt. Dieses ist thematisch in Potenziale (vgl. Bild 14) und Defizite (vgl. Bild 15) unterteilt.

5.1 Defizitanalyse „Niederschlag“

5.1.1 Starkregen

Im Rahmen einer topographischen Analyse wurden im Zusammenhang mit einem Starkregenereignis alle bedeutenden Fließwege des Oberflächenabflusses identifiziert. Um diese zentralen Abflussachsen zu ermitteln, wurden hierbei nur Fließwege mit einem Senkeneinzugsgebiet von mehr als 1 ha berücksichtigt. Die Identifizierung der Fließwege erfolgte durch eine Kombination aus topographischen Informationen und der Landnutzungsanalyse. Das Ergebnis dieser Analyse sind zwei verschiedene Gruppen von Fließwegen: Zum einen größere Fließwege auf Straßenflächen und zum anderen größere Fließwege außerhalb von Straßen.

Zur Ermittlung der Überflutungsschwerpunkte wurden die max. Wassertiefen durch Überflutung eines Starkregenereignis mit einer Wiederkehrzeit von $T = 100$ a analysiert. Ein Überflutungsschwerpunkt ist dabei als eine zusammenhängende Fläche von mindestens 500 m² definiert, auf der das Wasser im Mittel mindestens 30 cm ansteht.

Ergänzend zu den Überflutungsschwerpunkten wurden, ebenfalls auf Basis der Wassertiefen der Starkregengefahrenkarte, überflutete Unterführungen ermittelt. Ab einer Wassertiefe von 30 cm wurde eine Unterführung als überflutet eingestuft.

In Göttingen wurden auf Grundlage der max. Wassertiefen 16 überflutete Unterführungen im Stadtgebiet identifiziert. Diese Unterführungen befinden sich größtenteils im Siedlungsbereich. Im Stadtkern konnten zudem viele Überflutungsschwerpunkte ermittelt

werden. Hinzu kommen Überflutungsschwerpunkte im Außengebiet, die sich entlang von Gewässern bilden.

Die so ermittelten Überflutungsschwerpunkte und überflutete Unterführungen können Bild 7 entnommen werden.

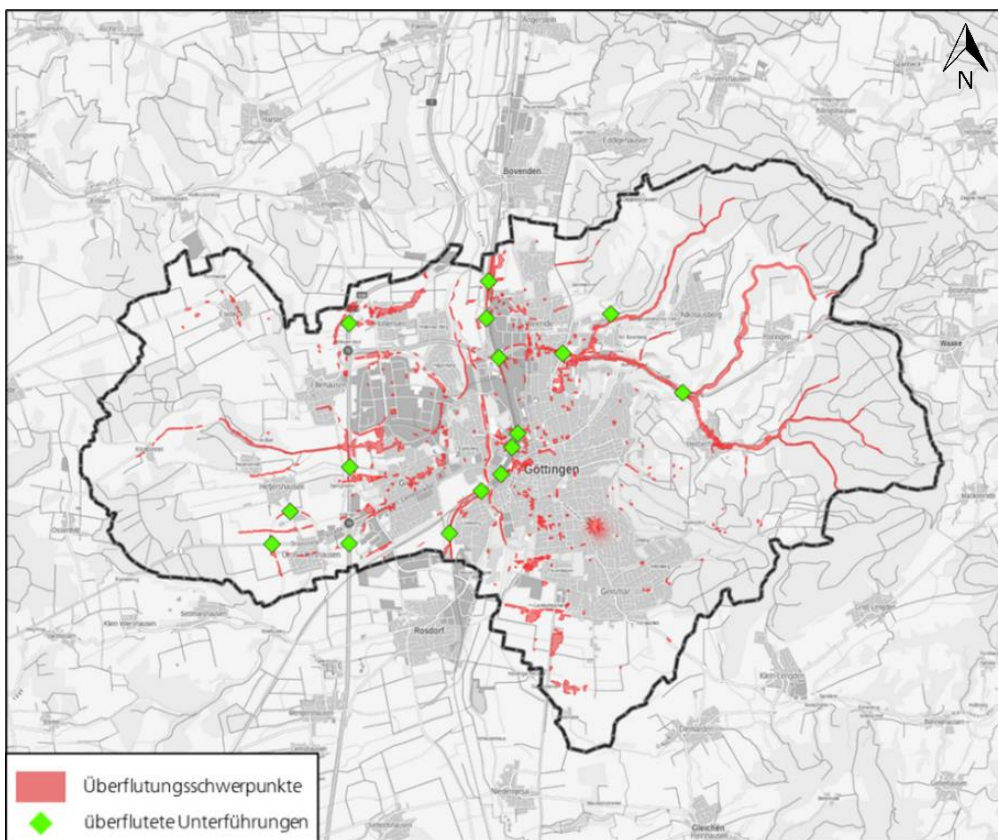


Bild 7 Darstellung der Überflutungsschwerpunkte und überfluteten Unterführungen im Stadtgebiet von Göttingen bei Starkregen für den Lastfall T = 100 a (Hintergrundkarte: WebAtlasNI, „Datenlizenz Deutschland – LGLN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>))

5.1.2 Hochwasser

Im Hinblick auf das Thema Hochwasser wurde auf die seitens des Landes Niedersachsen ermittelten Überschwemmungsgebiete für ein extremes Hochwasserereignis (HQextrem) zurückgegriffen. Ein solches Ereignis tritt sehr selten auf und hat somit eine niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit („Worst-Case-Szenario“).

Zur Ermittlung der Überschwemmungsgebiete wurde ein Verschnitt von ausgewiesenen Risiko- und Gefahrengebieten durchgeführt. Risikogebiete sind Überschwemmungsgebiete gemäß der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) 2. Zyklus 2016 - 2021 mit zu erwartenden signifikanten Schäden für ein Extremhochwasser. Gefahrengebiete unterscheiden sich von diesen nur dadurch, dass keine signifikanten Schäden erwartet werden.

Durch dieses Vorgehen wurden alle durch Extremhochwasser betroffenen Gebiete ermittelt. Diese Kenntnis bildet eine wichtige Grundlage für weitere Maßnahmen im Rahmen der Hochwasservorsorge und -bewältigung. Die Überschwemmungsgebiete in und um Göttingen inklusive der Gewässer sind in Bild 8 dargestellt.

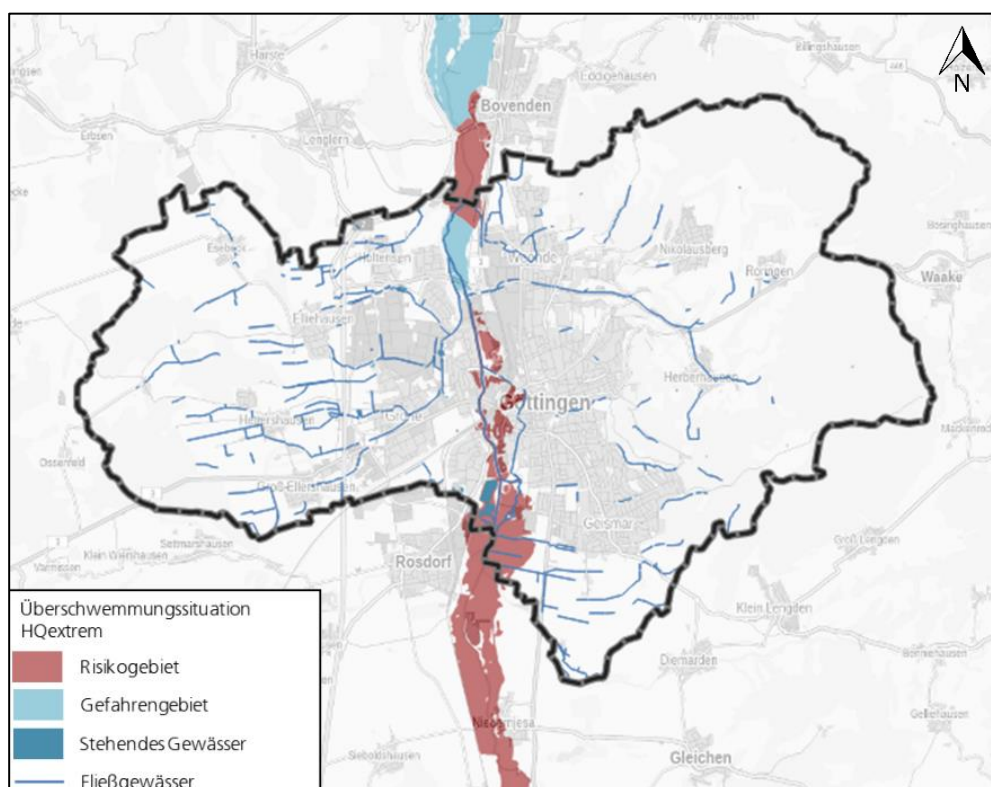


Bild 8 Darstellung der Grenzen der Gefahren- und Risikogebiete für ein extremes Hochwasserereignis (HQextrem) („Datenlizenz Deutschland – NLKWN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>)), (Hintergrundkarte: WebAtlasNI, „Datenlizenz Deutschland – LGLN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>))

Die Risiko- und Gefahrengebiete beziehen sich ausschließlich auf das Gewässer der Leine. Vor allem in dichter besiedelten Innenstadtbereich können Schäden durch Hochwasser nicht ausgeschlossen werden. In den ausgewiesenen Bereichen kann es zu einer Überlagerung von starkregenbedingten Überflutungen und hochwasserbedingten Überschwemmungen kommen.

5.1.3 Ausblick auf das Jahr 2050

Um einen Ausblick auf das Jahr 2050 zu geben wurde die Defizitanalyse auf diesen Zeitraum ausgeweitet. Dazu wurden unter anderem die Ergebnisse der Niederschlagsprognose (vgl. Kap. 3) als auch bereits vorhandene Daten, die wiederum auf Prognosen basieren, genutzt.

Zur Untersuchung der Überflutungsgefahr im Jahr 2050 wurde auf die Ergebnisse der Niederschlagsprognose zurückgegriffen. Aus der Fachliteratur der letzten 10 Jahre ist nicht unmittelbar eine eindeutige Erhöhung der Niederschläge zu entnehmen. Es wurde hier vielmehr auf den Mittelwert der aufgeführten Angaben von 20 % zurückgegriffen. Als vereinfachte Analyse der Auswirkungen zukünftig zunehmender Niederschläge wurden die Ergebnisse der Gefährdungsanalyse (hier max. Wassertiefen für $T = 100$ a) ebenfalls mit dem Faktor 1,2 (20 %) multipliziert und anschließend zur erneuten Ermittlung der Überflutungsschwerpunkte und betroffenen Unterführungen für das Jahr 2050 genutzt (vgl. Bild 9).

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass nicht zwingend ein linearer Zusammenhang zwischen der prozentualen Steigerung der Niederschläge und der prozentualen Zunahme der max. Wassertiefen besteht, dennoch lassen sich so Rückschlüsse auf zukünftige Überflutungsschwerpunkte im Sinne einer wasserbewussten Stadtentwicklung ziehen. Detailliertere Analysen lassen sich zukünftig z. B. im Zuge umfangreicherer Simulationsstudien erarbeiten.

Aufgrund der Zunahme des Niederschlags ist damit zu rechnen, dass sich die bereits bestehenden Überflutungsschwerpunkte in Göttingen in Zukunft weiter ausdehnen werden. Insbesondere in Gebieten, in denen die Topographie höhere Wassertiefen zulässt, ist mit einer Erhöhung der Wasserstände zu rechnen. Wie in Bild 9 zu erkennen ist, könnte dies dazu führen, dass sich neue Überflutungsschwerpunkte bilden, die bisher nicht bekannt waren.



Bild 9 Exemplarische Darstellung der Überflutungsschwerpunkte (Fläche > 500 m², Wassertiefe > 30 cm) (Hintergrundkarte: WebAtlasNI, „Datenlizenz Deutschland – LGLN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>))

5.2 Potenzialanalyse „Niederschlag“

5.2.1 Starkregen

Für die Entschärfung der Starkregenproblematik im Göttinger Stadtgebiet wurden die Potenziale für die Maßnahmen der multifunktionalen Retentionsflächen und des Rückhaltes im Außengebiet analysiert.

Multifunktionale Retentionsflächen sind öffentliche Freiflächen, die neben ihrer Hauptfunktion als temporärer Speicher oder Ableitungsraum für entwässerungstechnische Zwecke bei Starkregen genutzt werden können. Durch ihre Gestaltung können ökologische, klimatische, gestalterische und städtebauliche Synergien erzielt werden, die auch benachteiligte Quartiere aufwerten können.

Bei der Planung muss man die Eignung der Flächen, ihre Nutzungsansprüche, Topographie, Zuflusssituation, Vegetations- und Bodenverhältnisse berücksichtigen. Umfassende Hinweise zu den unterschiedlichen Typen von multifunktionalen Flächen und technische Hinweise sind in den Planungshilfen aus dem Projekt MURIEL (Benden et al. 2017a/2017b) zusammengefasst. Eine Umsetzung von multifunktionalen Retentionsflächen im Göttinger Stadtgebiet bietet insbesondere in der dicht bebauten Innenstadt ein Potenzial für die Entschärfung von Überflutungsschwerpunkten oder überfluteten Unterführungen.

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden Flächen ermittelt, die sich grundsätzlich als Potenzialflächen eignen. Hierzu wurde vorab mit dem Auftraggeber abgestimmt, welche Kriterien eine Fläche aufweisen sollte, um als Potenzialfläche in Betracht gezogen zu werden. Festgelegt wurden dabei folgende Eigenschaften:

- Es handelt sich um eine Freifläche (z. B. Verkehrsübungsplatz, Tennisplatz, Streuobstwiese, Sportanlage, Sportplatz, Spielplatz, Bolzplatz, Rennbahn, Parkplatz, Park, Platz im Allgemeinen gemäß Flächennutzung, Laubholz, Gehölz, Wald, Hundeübungsplatz, Grünland, Grünfläche, Grünanlage, Gartenland, Freizeitanlage, Friedhöfe, Brachland, Ackerland, Halde, Schulhöfe und Golfplätze).
- Sie befinden sich im kommunalen Eigentum.
- Sie schneiden Fließwege.

Auch Fahrbahnflächen sowie die Verkehrsbegleitflächen (bspw. Grünstreifen) sollten als Potenzialfläche ausgewiesen werden, sofern ein relevanter Fließweg über diese Flächen führt.

Um eine Übersichtlichkeit der PHK sicherzustellen, wurden die ermittelten Potenzialflächen anschließend priorisiert. Dazu wurde zunächst die Größe der Fließwege berücksichtigt.

- Hohe Priorität: großer Fließweg
- Geringe Priorität: kleiner Fließweg

Bei der Priorisierung der Flächen wurde neben der Größe des Fließweges auch die Verschmutzung des darauf abgeleiteten Wassers berücksichtigt. Der zu erwartende Verschmutzungsgrad wurde in Form des flächenspezifischen Stoffabtrages des transportierten Wassers gemäß den Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 102-2 in Abhängigkeit von der Flächennutzung ermittelt (vgl. Bild 10).

Kategorie	Mittlere Konzentrationen $C_{R,AFS63}$ im Jahresregenwasserabfluss in mg/l	Flächenspezifischer Stoffabtrag $b_{R,a,AFS63}$ in kg/(ha·a)
Kategorie I	50	280
Kategorie II	95	530
Kategorie III	136	760

Bild 10 Verschmutzungskategorien gem. DWA-A 102-2:2022I

Eine hohe Verschmutzungskategorie im hydrologischen Einzugsgebiet einer Potenzialfläche sollte nicht zwingend ein Ausschlusskriterium sein. Die Verschmutzungskategorie kann vielmehr als ergänzendes Kriterium für weitergehende Detailplanungen verwendet werden und einen ersten Anhaltspunkt geben, wie viel Reinigung des Oberflächenwassers erforderlich sein könnte. Neben der Verschmutzungskategorie der Potenzialfläche selbst wurden auch die mittlere Verschmutzungskategorien der angrenzenden Flächen ermittelt und über eine Bewertungsmatrix klassifiziert (vgl. Bild 11).

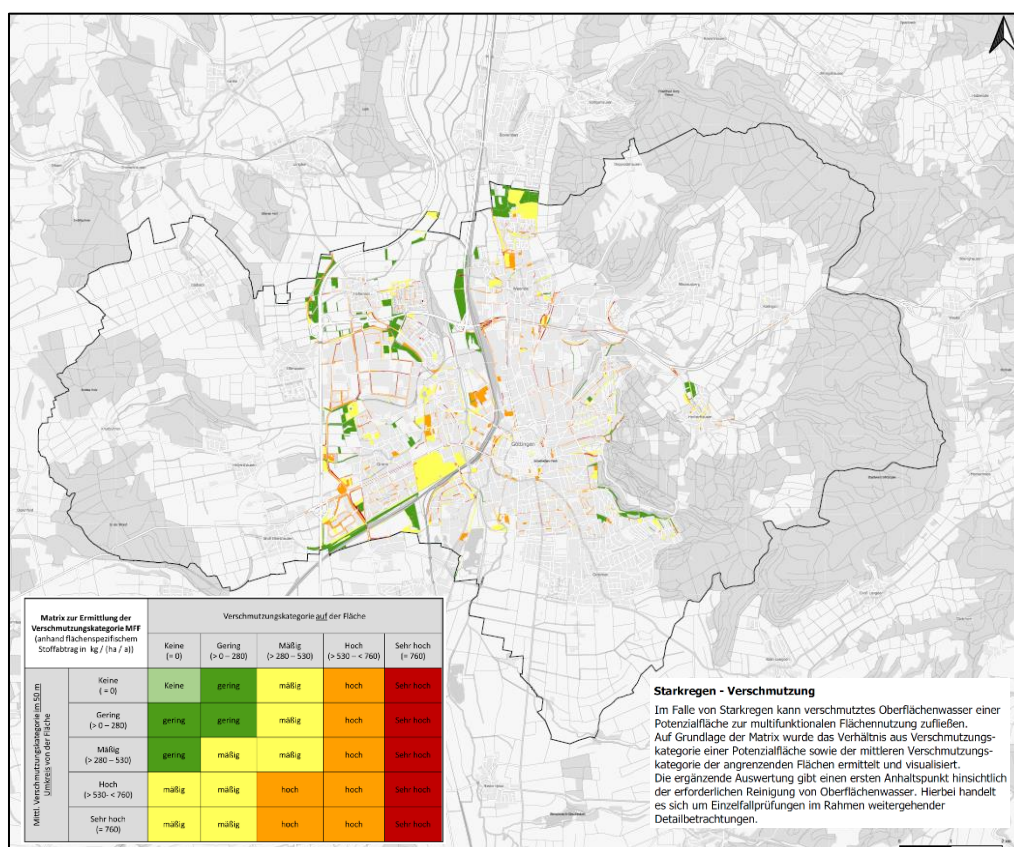


Bild 11 Ausschnitt der PHK Göttingen „Verschmutzungskategorien“ (als Anlage enthalten) – Mittlere Verschmutzungskategorien der Potenzialflächen mit multifunktionaler Flächennutzung für das Stadtgebiet von Göttingen (Hintergrundkarte: WebAtlasNI, „Datenlizenz Deutschland – LGLN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>))

Ein weiterer Ansatz zur Entschärfung der Überflutungssituation im Siedlungsraum besteht darin, den Rückhalt in Außengebieten zu erhöhen. Zu diesem Zweck wurden mittels topographischer Analysen zunächst größere Fließwege identifiziert, die aus dem Außengebiet in den Siedlungsraum fließen. Anschließend wurde das Einzugsgebiet dieser Fließwege ermittelt und als Fläche mit Potenzial für den Rückhalt im Außengebiet ausgewiesen. Die Aktivierung von Retentionspotenzialen in diesen Bereichen reduziert den Wasserabfluss in den Siedlungsraum und entschärft somit die Überflutungssituation.

Bild 12 gibt einen Überblick über die Retentionspotenziale in Göttingen im Hinblick auf Oberflächenabflüsse in Folge von Starkregenereignissen.

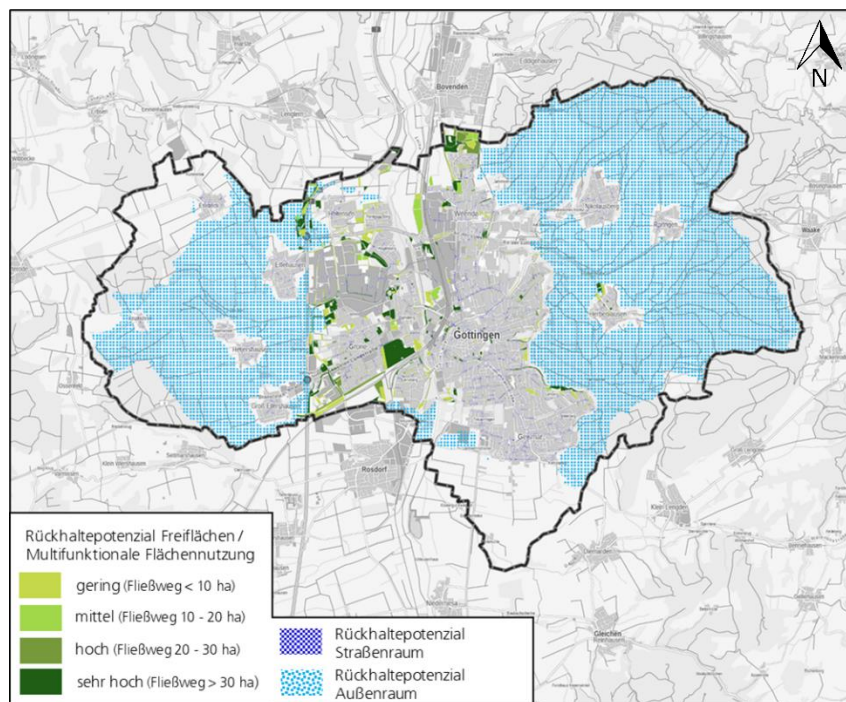


Bild 12 Darstellung der Retentionspotenziale (Multifunktionale Flächen, Rückhalt im Straßenraum, Rückhalt im Außenraum) im Stadtgebiet von Göttingen (Hintergrundkarte: WebAtlasNI, „Datenlizenz Deutschland – LGLN – Version 2.0“)

Die meisten Flächen, die sich für eine multifunktionale Nutzung im öffentlichen Raum eignen, befinden sich im östlichen bewaldeten Teil von Göttingen, der außerhalb von Siedlungsgebieten liegt. Im westlichen Teil der Stadt gibt es kaum geeignete Freiflächen im öffentlichen Besitz. Ein Großteil der sich dort befindlichen Ackerflächen befinden sich nicht im Besitz der Stadt. Im Siedlungsgebiet selbst gibt es einige kleinere Grünflächen, wie zum Beispiel Parks, die sich für die multifunktionale Nutzung eignen, wie auch die Grünfläche entlang der Leine. Hinzu kommen zahlreiche Straßenflächen mit einem Rückhaltepotenzial.

5.2.2 Hochwasser

Eine Maßnahme zur Entschärfung der Hochwasserproblematik – neben dem technischen Hochwasserschutz - stellt die Schaffung von Retentionsflächen dar. Hierbei werden Flächen in Flussnähe gezielt als temporäre Speicherräume für Hochwasser genutzt. Durch die gezielte Gestaltung und Bewirtschaftung dieser Flächen wird das Wasser zurückgehalten und zeitverzögert abgegeben. Dadurch wird der Abfluss im Fluss verlangsamt und das Hochwasser abgemildert. Retentionsflächen können beispielsweise landwirtschaftlich genutzte Flächen, aber auch gezielt angelegte Überschwemmungsgebiete oder Feuchtgebiete sein. Die Maßnahme kann sowohl in städtischen als auch in ländlichen Gebieten eingesetzt werden und trägt dazu bei, Hochwasserschäden zu vermeiden und die Hochwasservorsorge zu verbessern.

Zur Ermittlung von geeigneten Flächen für die Retention von Hochwasser wurde auf den Retentionskataster des Landes Niedersachsen zurückgegriffen, der vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) erstellt und gepflegt wird. In diesem werden Gebiete mit hydraulischen Eigenschaften als potenzielle Retentionsflächen für den Hochwasserschutz identifiziert. Diese Gebiete werden als Suchräume bezeichnet und werden für einen Hochwasserabfluss von statisch einmal in 100 Jahren ermittelt (HQ_{100}). Dabei wird die Landnutzung der Flächen berücksichtigt und ein überschlägliches Volumen ermittelt, welches potenziell auf den Flächen zurückgehalten werden könnte. Es gilt zu berücksichtigen, dass nur ausgewählte Fließgewässer in die Betrachtung mit einbezogen werden. In Göttingen wurde bei der Ausweisung von Retentionsflächen nur die Leine berücksichtigt.

In Bild 13 dargestellt sind die so ermittelten Retentionsflächen im und um das Stadtgebiet von Göttingen.

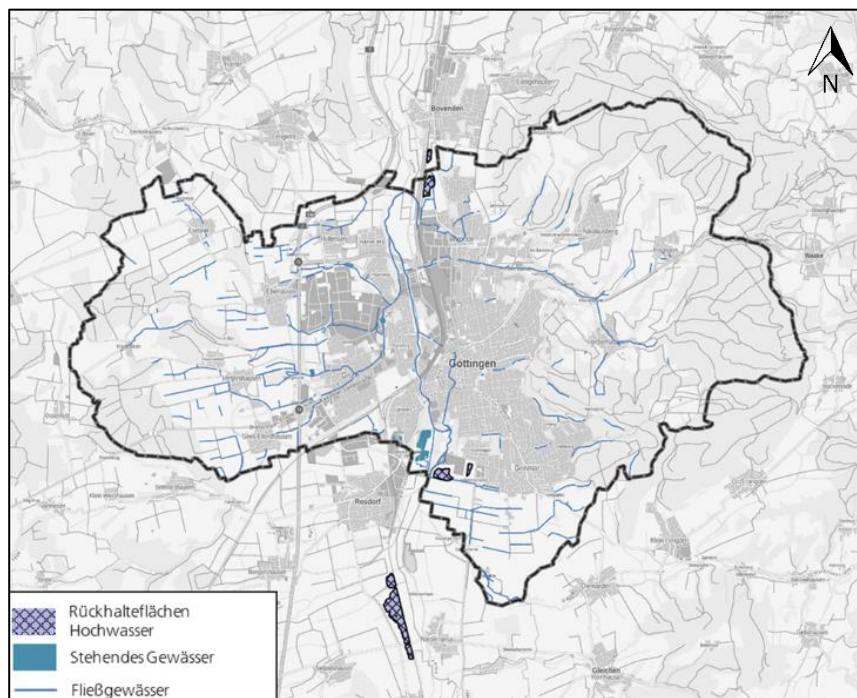


Bild 13 Darstellung des Retentionskatasters (Hochwasser) in und um Göttingen („Datenlizenz Deutschland – NLWKN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>)), (Hintergrundkarte: WebAtlasNI, „Datenlizenz Deutschland – LGLN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>))

Im stark bebauten Siedlungsgebiet gibt es entlang der Leine nur begrenzt verfügbare Freiflächen für den Hochwasserrückhalt. Nur einige wenige Flächen, in unmittelbarer Nähe zur südlichen und nördlichen Stadtgrenze, sind als geeignet für den Hochwasserrückhalt ausgewiesen. Obwohl die Umsetzung dieser Maßnahmen in diesen Bereichen dazu beitragen können, die Problematik von Überflutungen zu reduzieren, ist der Effekt aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Flächen als eher beschränkt einzustufen.

5.3 Planungshinweiskarte „Niederschlag“

Die Planungshinweiskarte "Niederschlag" basiert auf den Ergebnissen der Defizit- und Potenzialanalyse und zeigt sowohl den aktuellen Zustand als auch die zukünftigen Veränderungen in Bezug auf die Thematiken Starkregen und Hochwasser. Sie dient als

Planungsinstrument, um Anpassungsstrategien zu entwickeln und Maßnahmen zum Umgang mit Niederschlagsereignissen zu planen.

Um die Übersichtlichkeit und Anwendbarkeit der PHK zu gewährleisten, wurde sich bei der Darstellung in Abstimmung mit dem Auftraggeber für eine getrennte Darstellung der Ergebnisse von Defizit- und Potenzialanalyse entschieden (vgl. Bild 14 und Bild 15).

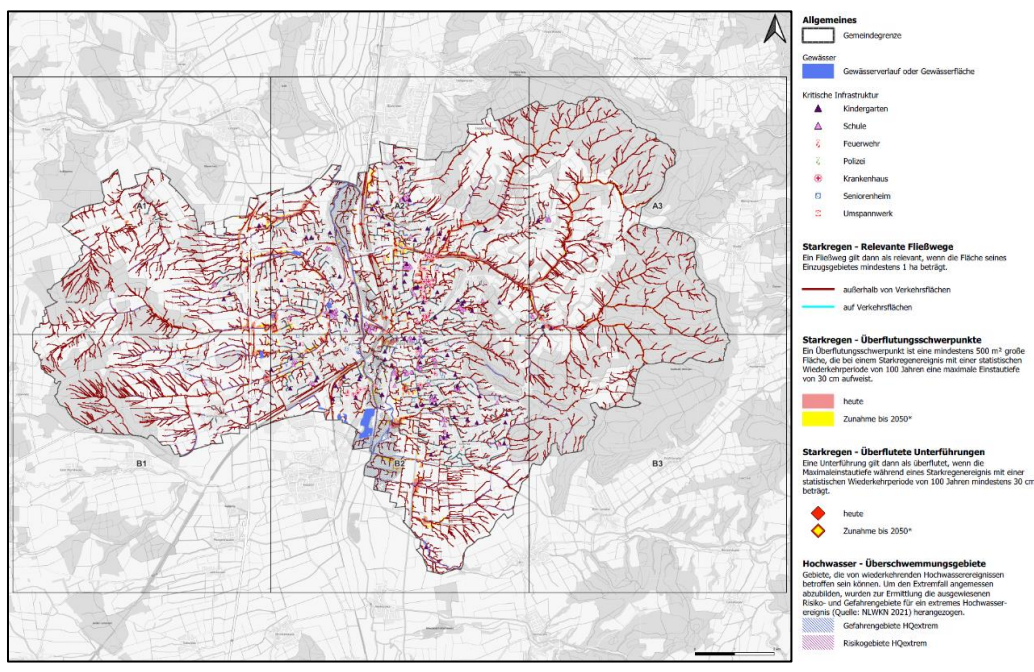


Bild 14 Ausschnitt der Planungshinweiskarte „Niederschlag“ – Defizite (als Anlage enthalten) Hintergrundkarte: WebAtlasNI, „Datenlizenz Deutschland – LGLN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>)

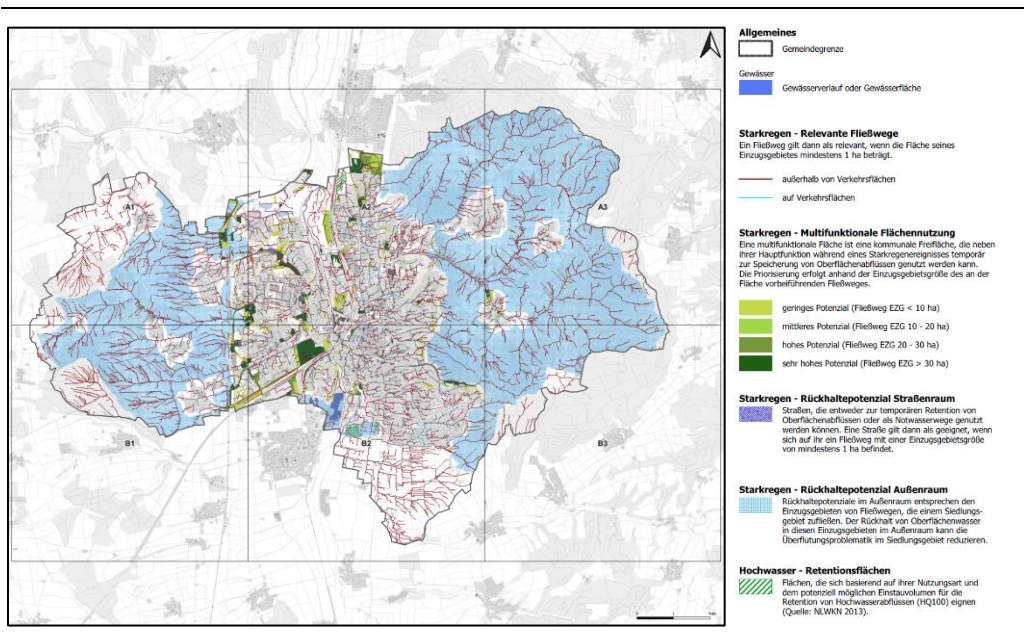


Bild 15 Auszug der Planungshinweiskarte „Niederschlag“ – Potenziale (als Anlage enthalten) (Hintergrundkarte: WebAtlasNI, „Datenlizenz Deutschland – LGLN – Version 2.0“ (<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>))

6 Zusammenfassung

In Göttingen sind die Folgen des Klimawandels bereits heutzutage zu spüren. Der dem SHP zugrundeliegende Ansatz der wasserbewussten Stadtentwicklung vereint die Hitze-, Trockenheits- und Starkregenvorsorge.

Im vorliegenden Bericht wurde der Fokus auf das AP1 „Wasser“ gelegt bzw. auf die Belastungsanalyse und Planungshinweiskarte (PHK) „Niederschlag“.

Mit der Starkregenrisikoanalyse wurde für jedes Gebäude in Göttingen in Abhängigkeit von der starkregenbedingten Überflutungssituation und Nutzung ein Risikopotenzial ermittelt. Um die Belastung vollständig abzubilden, wurde die Risikoanalyse, die sich auf die Gebäudeebene beschränkt, um eine Defizitanalyse ergänzt. Diese Defizitanalyse geht über den Einfluss von Starkregen bzw. den daraus resultierenden Sturzfluten hinaus und umfasst auch den Bereich Hochwasser.

Analog zu der Defizitanalyse wurde für das Themenfeld „Wasser“ eine Potenzialanalyse für Anpassungsmaßnahmen durchgeführt. Betrachtet wurden Maßnahmen zur Retention von Oberflächenwasser in Freiflächen sowie Straßen- und Außenraum als auch Maßnahmen zum Hochwasserrückhalt.

Die Defizit- und Potenzialanalysen wurden für zwei unterschiedliche Zeiträume durchgeführt: Heute und 2050. Die Analysen für das Jahr 2050 setzen Kenntnisse über zukünftige Veränderungen des Niederschlagsverhaltens voraus. Um diese zu erhalten, wurde eine Niederschlagsprognose für das Stadtgebiet von Göttingen erstellt.

Die Ergebnisse der Starkregenrisikoanalyse wurden in der Starkregenrisikokarte festgehalten. Die Ergebnisse aus Defizit- und Potenzialanalyse wurden in der PHK „Niederschlag“ zusammengefasst. Diese ist thematisch in Potenziale und Defizite unterteilt, um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten.

Gelsenkirchen, 20. Mai 2024
MIG/ANM

DR. PECHER AG

Dr. Holger Hoppe

7 Literatur

- Arnbjerg-Nielsen, K. (2012): Quantification of climate change effects on extreme precipitation used for high resolution hydrologic design. In: Urban Water Journal 9 (2), S. 57–65, DOI:10.1080/1573062X.2011.63009.
- Benden, J., Broesi, R., Illgen, M., Leinweber, U., Lennartz, G., Scheid, C. and Schmitt, T. G. (2017a) MURIEL: Multifunktionale Flächen - Arbeitshilfe für Planung, Umsetzung und Betrieb.
- Benden, J., Broesi, R., Illgen, M., Leinweber, U., Lennartz, G., Scheid, C. and Schmitt, T. G. (2017b) MURIEL: Multifunktionale Flächen - Wissenschaftliche Grundlagen.
- Brienen et al (2020): Klimawandelbedingte Änderungen in Atmosphäre und Hydrosphäre: Schlussbericht des Schwerpunktthemas Szenarienbildung (SP-101), im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks. 157 Seiten, DOI: 10.5675/ExpNBS2020.2020.02.
- Coppola et al. (2021): Assessment of the European Climate Projections as Simulated by the Large EURO-CORDEX Regional and Global Climate Model Ensemble, Journal of Geophysical Research: Atmospheres 126, e2019JD032356, <https://doi.org/10.1029/2019JD032356>.
- DIN EN 752 (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, DIN e.V., April 2008, Berlin.
- DWA (Hrsg.) (2016): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungs-vorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen. Merkblatt DWA-M119, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef, November 2016, ISBN 978-3-88721-392-3.
- DWA-A 118 (2024): Planung und hydraulische Überprüfung von öffentlichen Entwässerungssystemen, DWA-Regelwerk.
- DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 (2020): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen, DWA-Regelwerk/BWK-Regelwerk.
- Feldmann, H.; Hundhausen, M.; Kohlhepp, R.; Ehmele, F. und Pinto, J.G. (2021-2023): Forschungsergebnisse ISAP, Institute of Meteorology and Climate Research – Department Troposphere Research (IMK-TRO), KIT, Karlsruhe.

Halbig, G. (2016): Klimawandel in Deutschland, Korrespondenz Wasserwirtschaft 8/16 – Wasser Boden Natur, 9. Jahrgang Nr. 8, August 2016, 77157, S. 398-401.

Hochschule Bremen (2017): Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen. Praxisleitfaden, erstellt im Rahmen des DBU-Forschungsprojekts "KLASII". Bremen.

Hundhausen, M., Feldmann, H., Kohlhepp, R., & Pinto, J. G. (2024). Climate change signals of extreme precipitation return levels for Germany in a transient convection-permitting simulation ensemble. International Journal of Climatology, 1–18. <https://doi.org/10.1002/joc.8393>

IPCC (2022): Climate Change 2022: Impacts, Adaption and Vulnerability, Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

Junghänel, T. et al. (2022): Starkregen und Bemessungsniederschlag, Fortbildung, 01. Juli 2022, online, Deutscher Wetterdienst (DWD), Abteilung Hydrometrie.

Kisseler, E., Wolf, S., Sauter, H., Schüttrumpf, H. (2023): Reduktion der Vulnerabilität gegenüber Hochwasser - Empfehlungen zur Flächennutzung auf Basis von Flurmarken des Juli-Hochwassers 2021, Korrespondenz Wasserwirtschaft 2023 (16), 498-506.

KLIWA (2019): Starkniederschläge Entwicklungen in Vergangenheit und Zukunft – Kurzbericht, im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA – Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft.

KLIWA (2021): Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen, Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA, Monitoringbericht 2021, Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (KLIWA).

Kreienkamp et al. (2021): Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021, siehe auch <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/Scientific-report-Western-Europe-floods-2021-attribution.pdf>

LANUV (2010): Klimawandel und Kanalnetzberechnung (KUK) – Auswertung von Überflutungsereignissen in NRW und Hinweise zur Bemessung von Entwässerungssystemen vor dem Hintergrund des Klimawandels. Abschlussbericht

zum Forschungsprojekt IF 18.2, bearbeitete Auflage, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, Februar 2010.

LUBW (2010): Klimawandel und Siedlungsentwässerung — Synthetische Niederschlagsreihen zur Berücksichtigung des Klimawandels. Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Referat 41 — Gewässerschutz, Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft, Band 22, Karlsruhe.

MULNV (Hrsg.) (2018): Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV), Düsseldorf, November 2018, <https://www.flussgebiete.nrw.de/starkregen-7994> (zuletzt abgerufen am: 10.05.2022).

Nilson, E., Krahe, P., Klein, B., Lingemann, I., Horsten, T., Carambia, M., Larina, M. und Maurer, T. (2014): Auswirkungen des Klimawandels auf das Abflussgeschehen und die Binnenschifffahrt in Deutschland, Schlussbericht KLIWAS-Projekt 4.01., Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz, DOI: 10.5675/Kliwas_43/2014_4.01.

Pfleiderer, D., Schleussner, C.-F., Kornhuber, K. und Coumou, D. (2019): Summer weather becomes more persistent in a 2°C world, *Nature Climate Change*, 9, 9, 666-671, DOI: 10.1038/s41558-019-0555-0.

Schmitt, T.G. (2011): Risikomanagement statt Sicherheitsversprechen – Paradigmenwechsel auch im kommunalen Überflutungsschutz?, *Korrespondenz Abwasser, Abfall*, Abfall 2011 (58), Nr. 1, S. 40-49.

Vautard et al. (2021): Evaluation of the large EURO-CORDEX regional climate model ensemble, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126, e2019JD032344, <https://doi.org/10.1029/2019JD032344>.

Willems, P.; Olssen, J.; Arnbjerg-Nielsen, K.; Beecha, S.; Gregersen, B.; Madsen, H.; Nguyen, V.T.V. (Hrsg.) (2012): Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems. London: IWA.

8 Anhang

Grundlage Defizitanalyse	Quelle	Kriterium/ Parameter	Eingrenzung	Aussage – Begründung und Auswahl der Kriterien
Topographische Fließweganalyse (Digitales Geländemodell)	Stadt Göttingen	Fließwege Starkregen	Senkeneinzugsgebiet > 1 ha, differenziert nach „außerhalb von Straßen“, „auf Straßen“	Identifizierung von Problembereichen in Zusammenhang mit Starkregenereignissen: Mithilfe einer topographischen Fließweganalyse wurden bedeutsame Fließwege des Oberflächenabflusses identifiziert. Diese Fließwege bergen einerseits Gefahren, zum Beispiel bei hohen Wassertiefen oder -geschwindigkeiten, können jedoch andererseits auch Potenzial bieten, beispielsweise als Notwasserwege in bestimmten Situationen.
Starkregengefahrenkarte	Stadt Göttingen	Überflutungsschwerpunkte	Mind. 500 m ² große Fläche mit Wassereinstau > 30 cm bei einem Starkregenereignis mit einer Wiederkehrzeit von T = 100 a, Lage in Siedlungsgebiet	Identifizierung von Problembereichen in Zusammenhang mit Starkregenereignissen: Mit Hilfe der Starkregengefahrenkarte wurde geschaut, wo sich größere zusammenhängende überflutete Gebiete befinden. Es wurden dabei nur die Überflutungsschwerpunkte im Siedlungsbereich untersucht, da sich dort vermehrt Menschen aufhalten.
Starkregengefahrenkarte, ATKIS-Datensatz	Stadt Göttingen	Überflutete Unterführungen	Unterführungen mit max. Wassertiefen von mind. 30 cm	Identifizierung von Problembereichen in Zusammenhang mit Starkregenereignissen: Mit Hilfe der Starkregengefahrenkarte und Informationen zur Lage von Unterführungen wurde untersucht, wo sich überflutete Unterführungen befinden.
Risiko- und Gefahrengebiete Hochwasserereignisse	NLKN	Risiko- und Gefahrengebiet Überschwemmung	Für ein Hochwasserereignis HQExtrem (in Göttingen entspricht dies einem HQ200)	Identifizierung von Problembereichen in Zusammenhang mit Hochwasserereignissen: Wenn es zu einem Hochwasserereignis kommt, werden die ausgewiesenen Bereiche überschwemmt. Mit der gewählten Eingrenzung werden alle durch ein Extremhochwasser betroffenen Gebiete ermittelt. Durch die Wahl des Extremhochwassers wird ein Worst-Case-Szenario abgebildet.

Grundlage Potenzialanalyse	Quelle	Kriterium/ Parameter	Eingrenzung	Aussage – Begründung und Auswahl der Kriterien
Multifunktionale Flächennutzung				
ALKIS-Datensatz „Tatsächliche Landnutzung“	Stadt Göttingen	Landnutzung	Verkehrsübungsplatz, Tennisplatz, Streuobstwiese, Sportanlage, Sportplatz, Spielplatz, Bolzplatz, Rennbahn, Parkplatz, Park, Platz, Laubholz, Gehölz, Wald, Hunde- übungsplatz, Grünland, Grünfläche, Grünanlage, Gar- tenland, Freizeitanlage, Friedhöfe, Brachland, Ackerland, Halde, Schulhöfe und Golfplätze	Zur Umsetzung von multifunktionalen Flächen eignen sich Freiflächen am besten (geringer Versiegelungsanteil, wenig Bebauung -> Möglichkeiten zur Versickerung bzw. Retention des Wassers sind vorhanden.)
Flächen im kom- munalen Eigen- tum	Stadt Göttingen	Eigentumsver- hältnis	Fläche muss sich im kommunalen Eigentum befinden	Die Umsetzung ist auf kommunalen Flächen meist günstiger / unkomplizierter als auf privaten Flächen. Hier müsste die Fläche zunächst gekauft werden o.Ä.
Topographische Fließweganalyse	GIS-Analyse/ DGM	Fließweg Ober- flächenwasser	EZG < 10 ha = geringe Eignung, EZG 10 ha – 20 ha = mittlere Eignung, EZG 20 ha – 30 ha = hohe Eignung, EZG > 30 ha = sehr hohe Eignung	Die Lage zu einem Fließweg ist wichtig, da man sonst erstmal eine Zuleitung zur Fläche herstellen müsste, da sich sonst kein Wasser auf der Fläche sammeln würde. Je größer das EZG eines Fließweges, desto größer die Wassermenge, die auf eine Fläche geleitet werden kann, desto größer die Wirkung der multifunktionalen Flä- che.
ALKIS-Datensatz „Tatsächliche Landnutzung“ und „Gebäude“	Stadt Göttingen	Flächenspezifi- scher Stoffab- trag nach DWA-A 102-2	Gemittelter flächenspezifischer Stoffabtrag in einem Umkreis von X m: 0 = sehr hohe Eignung > 0-280 = hohe Eignung 280-530 = mittlere Eignung 530 – 760 = geringe Eignung	Der flächenspezifische Stoffabtrag in der Umgebung einer multifunktionalen Flä- che bestimmt, wie verschmutzt das Wasser ist, welches auf diese geleitet wird. Je höher die Verschmutzung, desto geringer die Eignung, da eine höhere Verschmut- zung zu einem erhöhten Aufwand bei der Umgestaltung (Stichwort Versickerung) bzw. Reinigung führt.
Rückhaltepotenzial Straßenraum				
ALKIS-Datensatz „Tatsächliche Landnutzung“	Stadt Göttingen	Landnutzung	Verkehrsflächen / Straßen	Straßen können entweder zum Rückhalt von Oberflächenwasser genutzt werden oder aber auch zu einem Notwasserweg umgestaltet werden.
Topographische Fließweganalyse	GIS-Analyse DGM	Fließweg Ober- flächenwasser	Fließweg mit EZG > 1 ha	Sobald ein Fließweg ab dieser Größe über die Straße fließt, eignet sich diese für den Rückhalt / die Nutzung als Notwasserweg.

Rückhaltepotenzial Außenraum					
Topographische Fließweganalyse	GIS-Analyse/ DGM	EZG Fließweg	Alle EZG von Fließwegen > 1 ha, die vom Außengebiet in das Siedlungsgebiet führen	Größere Fließwege aus dem Außengebiet können zu Überflutungen im Siedlungsgebiet führen, da sie eine bedeutende Wasserquelle darstellen. Je größer der Fließweg ist, desto mehr Wasser gelangt in den Siedlungsbereich. Um die Wasservolumina zu reduzieren, eignen sich Rückhaltemaßnahmen im Außenraum. Ein Rückhaltepotenzial im Außenraum besteht dort, wo sich das Einzugsgebiet eines Fließweges befindet, da dieser Wasser aus diesem Gebiet aufnimmt.	
Retentionsflächen Hochwasser					
Retentionskataster des Landes Niedersachsen	NLWKN	Retentionsflächen Hochwasser		Die ausgewiesenen Retentionsflächen eignen sich für den Rückhalt von Hochwasserabflüssen (HQ100). Berücksichtigt werden die Landnutzung und das Volumen, welches potenziell auf den Flächen zurückgehalten werden kann. In Göttingen wurde ausschließlich die Leine berücksichtigt bei der Ermittlung von Flächen. Für kleinere Fließgewässer erfolgte keine Betrachtung.	