

Starkregenrisikomanagement für die Stadt Ibbenbüren

Erläuterungsbericht

Im Auftrag der

Stadt Ibbenbüren

bearbeitet durch

FISCHER TEAMPLAN Ingenieurbüro GmbH, Wilhelmstraße 26, 42697 Solingen

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
1.1.	Vorgehensweise	3
1.2.	Grundlagendaten	4
2.	Analyse der Überflutungsgefährdung bei Starkregen	6
2.1.	Eingangsgrößen	6
2.1.1.	Niederschlag	6
2.1.1.1.	Zeitliche Verteilung	7
2.1.1.2.	Szenario 1 (selten): KOSTRA-Modellregen T30 D60	7
2.1.1.3.	Szenario 2 (außergewöhnlich): KOSTRA-Modellregen T100 D60	8
2.1.1.4.	Szenario 3 (extrem): Extremes Ereignis als Blockregen	8
2.1.2.	Topographie	8
2.2.	Hydraulische Gefährdungsanalyse	9
2.2.1.	Oberfläche	10
2.2.2.	Geländerauheit	11
2.2.3.	Gebäude	12
2.2.4.	Kanalisation	13
2.2.5.	Gewässerdurchlässe und Verrohrungen	14
2.2.6.	Modellierung / Simulation	15
2.2.7.	Plausibilisierung	15
2.2.8.	Ergebnisdarstellung	16
2.3.	Starkregengefahrenkarte	16
3.	Risikoanalyse	18
3.1.	Analyse der Starkregengefahrenkarte	19
3.2.	Ermittlung kritischer Objekte und Bereiche	20
3.3.	Risikoermittlung und Risikobewertung	24
4.	Handlungskonzept	28
4.1.	Informationsvorsorge	29
4.2.	Kommunale Flächenvorsorge	29
4.2.1.	Muldenlagen	30
4.3.	Krisenmanagement	33
4.3.1.	Verklauung von Durchlässen	34
4.3.2.	Einstau von Verkehrswegen	35
4.3.3.	Erosion von landwirtschaftlichen Flächen	36
4.4.	Konzeption kommunaler baulicher Maßnahmen	37
4.5.	Messnetzkonzept	38
4.5.1.	Niederschlagsmessungen	38
4.5.2.	Wasserstandsmessungen	40
4.5.3.	Überwachung neuralgischer Durchlässe und Verrohrungen	42
5.	Kommunale Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen	43
5.1.	Rückhaltung und Ableitung von Außengebietswasser	44
5.2.	Abflussrelevante Gewässer bei Starkregenereignissen	44
5.3.	Siedlungsentwässerung	46
5.4.	Straßen und Wege	46
5.5.	Frei- und Grünflächen	47
5.6.	Objektschutzmaßnahmen	47
5.7.	Wasserrückhalt in der Fläche (Außenbereich)	49
6.	Zusammenfassung	50
7.	Literaturverzeichnis	52

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1-1:	Stadtgebiet Ibbenbüren	2
Abb. 2-1:	Einstufung der Szenarien in den Starkregenindex nach Schmitt	6
Abb. 2-2:	Einordnung der Szenarien in die Niederschlagsstatistik des Deutschen Wetterdienstes	7
Abb. 2-3:	Stadtgebiet mit hydrologischem Einzugsgebiet	9
Abb. 2-4:	Aufbau eines TINs mit Gebäude	10
Abb. 2-5:	Vereinfachung der Gebäudestrukturen (links: Original-Daten, rechts: Vereinfachung)	12
Abb. 2-6:	Prinzipskizze der Randverteilung	13
Abb. 2-7:	Schematische Darstellung der bidirektionalen Kopplung	14
Abb. 2-8:	Freischneiden eines alten Kastendurchlasses unter der Bahntrasse (links vorher, rechts nach Anpassung)	16
Abb. 2-9:	Auszug Starkregengefahrenkarte mit Wassertiefe und Schadenspotential	18
Abb. 3-1:	Überflutungsrisiko als Kombination von Gefährdung und Schadenspotenzial	24
Abb. 3-2:	Gefährdete Gebäude nach Einstautiefe und Szenario	25
Abb. 4-1:	Vorsorgemöglichkeiten zum Starkregenrisikomanagement	29
Abb. 4-2:	Abbildung einer großflächigen Geländemulde mit Gefahrenpotential	31
Abb. 4-3:	Abbildung einer Mulde abseits der Bebauung	32
Abb. 4-4:	Möglicher Standort einer multifunktionalen Fläche	33
Abb. 4-5:	Darstellung des Rückstaubereichs vor Durchlässen	35
Abb. 4-6:	Darstellung Einstausituation der Verbindungstraßen / Anfahrwege	36
Abb. 4-7:	Übersicht der Niederschlagsmessstationen im Stadtgebiet	39
Abb. 4-8:	Mögliche Brücken für Überwachung des Wasserstandes mittels LoRaWAN	41
Abb. 4-9:	Rückstaubereich der Brücken an der Ibbenbürener Aa	42
Abb. 5-1:	Hochwassergefahrenkarte Brochterbecker Mühlenbach nach HWRMRL (HQ Extrem)	45
Abb. 5-2:	„Pflanzmauern“ zur Lenkung von Oberflächenabfluss (Beispiel)	48
Abb. 5-3:	Empfehlungen für die private Eigenvorsorge (StEB Köln)	48
Abb. 5-4:	Sicherung der Wassereintrittswege in ein Gebäude (StEB Köln)	49

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1-1:	Einteilung der Gebäude nach ihrem Schadenspotential	5
Tab. 2-1:	Nutzungsart nach ALKIS und k_{st} -Wert	11
Tab. 2-2:	Darstellung der Wassertiefen in den Gefahrenkarten	17
Tab. 2-3:	Potenzielle Gefahren für menschliche Gesundheit / Infrastruktur nach Überflutungstiefe	17
Tab. 3-1:	Liste kritischer Bereiche / Objekte zur Abschätzung mögl. Schäden (HWRM-RL 2016)	22
Tab. 3-2:	Anzahl der Gebäudeobjekte nach Schadenspotenzial	23
Tab. 3-3:	Verteilung des Risikos in den unterschiedlichen Szenarien	26
Tab. 4-1:	Kennzahlen zur Einschätzung der hydraulischen Wirksamkeit multifunktionaler Flächen	32

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1: Gebäudenutzung und Schadenspotenzial
- Anlage 2: Risikoeinstufung aller Gebäude je nach Szenario
- Anlage 3: Übersicht neuralgischer Durchlässe im Starkregenfall
- Anlage 4: Risikocheckliste für besonders betroffene öffentliche Gebäude (separate Anlage)

Kartenverzeichnis

Kartensatz 1: Gefahrenkarten (Maßstab 1 : 2.500)

- 01 – Blatt 1-11: Szenario 1: KOSTRA-Modellregen 30-jährlich
- 02 – Blatt 1-39: Szenario 2: KOSTRA-Modellregen 100-jährlich
- 03 – Blatt 1-39: Szenario 3: Extremereignis 90 mm Blockregen

Kartensatz 2: Risikokarten (Maßstab 1 : 2.500)

- 01 – Blatt 1-11: Szenario 1: KOSTRA-Modellregen 30-jährlich
- 02 – Blatt 1-39: Szenario 2: KOSTRA-Modellregen 100-jährlich
- 03 – Blatt 1-39: Szenario 3: Extremereignis 90 mm Blockregen

Kartensatz 3: Fachkarten Handlungskonzept (Maßstab 1 : 2.500)

- 13 – Blatt 1-39: Handlungskonzept Flächenvorsorge
- 14 – Blatt 1-39: Handlungskonzept Krisenmanagement

Kartensatz 4: Übersichtskarten Gefahrenkarten (Maßstab 1 : 10.000)

- 01_Übersicht – Blatt 1: Szenario 1: KOSTRA-Modellregen 30-jährlich
- 02_Übersicht – Blatt 1-4: Szenario 2: KOSTRA-Modellregen 100-jährlich
- 03_Übersicht – Blatt 1-4: Szenario 3: Extremereignis 90 mm Blockregen

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Stadt Ibbenbüren war in den vergangenen Jahren mehrfach von Starkregenereignissen betroffen. Auf Grundlage der NRW-Arbeitshilfe Kommunales Starkregenrisikomanagement wurde im Rahmen einer Angebotsabfrage das Ingenieurbüro FISCHER TEAMPLAN im November 2020 zur Aufstellung eines kommunalen Handlungskonzeptes zum Starkregenmanagement mit Starkregen Gefahrenkarten beauftragt.

Im Rahmen des Projekts sind Starkregen Gefahren- und risikokarten sowie je eine Fachkarte zu dem Handlungskonzept „Flächenvorsorge“ und „Krisenmanagement“ erarbeitet worden. Alle Ergebnisse wurden im Rahmen der Arbeitshilfe „Kommunales Starkregenrisikomanagement“ (MULNV 11/2018) erstellt.

Das Stadtgebiet von Ibbenbüren (vgl. Abb. 1-2) umfasst eine Fläche von 109 km² mit rd. 54.000 Einwohnern. Die Stadt gehört zum Kreis Steinfurt im nördlichen Nordrhein-Westfalen. Die Stadt gliedert sich in neun Stadtteile, wobei die Hälfte der Bevölkerung in der Kernstadt lebt.



Abb. 1-1: Stadtgebiet Ibbenbüren (Schrägbildansicht google)



Abb. 1-2: Stadtgebiet Ibbenbüren

Naturräumlich liegt die Stadt am nordwestlichen Ende des Teutoburger Waldes. Die Kernstadt befindet sich in einer Tallage zwischen Teutoburger Wald und Schafbergplatte auf einer Höhe von 50 bis 80 m ü. NN. und wird von der Ibbenbürener Aa als Hauptvorfluter in Ost-West-Richtung durchflossen. Größte Erhöhungen sind der Schafberg im Norden und der Dörenther Klippen im Süden mit 174 bzw. 166 m ü. NN. Der südliche Stadtteil Dörenthe gehört zum Naturraum Ostmünsterland und wird vom Brochterbecker Mühlengraben durchflossen. Weitere Gewässer sind u. a. Ruthemühlengraben, Dörenther Mühlengraben, Laggenbecker Mühlengraben und Jordanbach. Im westlichen Stadtgebiet befinden sich zudem die Wasserstraßen Dortmund-Ems-Kanal und Mittellandkanal.

Mit dem vorliegenden Bericht zum Starkregenrisikomanagement erhalten die Verantwortlichen in den Behörden Hintergrundinformationen und Hilfestellungen für mögliche Vorgehensweisen, um das Starkregenrisiko zu bewerten und entsprechende Maßnahmen zur Reduzierung möglicher Schäden zu identifizieren. Die Maßnahmen im öffentlichen und privaten Bereich können demnach übergreifend koordiniert und aufeinander abgestimmt werden, um im integrierten Handlungskonzept die größtmögliche Wirksamkeit in Bezug

auf die Risikominimierung zu erreichen. Weitergehende Maßnahmen zur Gefahrenabwehr durch Starkregen sind konzeptionell und gesamtanschaulich von der Kommune zu planen und zu koordinieren.

Das Starkregenrisikomanagement ist als kommunale Gemeinschaftsaufgabe zu verstehen. Der Umgang mit Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten bedarf einer ganzheitlichen Strategie, welche die lokalen Akteure bei der Erarbeitung und Umsetzung von Konzepten zur Überflutungsvorsorge, -bewältigung und -nachsorge im Falle von Starkregenereignissen zusammenbringt, koordiniert und unterstützt.

1.1. Vorgehensweise

Das Risiko durch Starkregen kann als Kombination von Gefahrenpotenzial bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit und Verletzbarkeit (Vulnerabilität) bzw. Schadenspotenzial definiert werden. Um ein Risiko zu mindern, können sowohl bauliche Maßnahmen ergriffen werden, welche das Wasser ableiten oder zurückhalten, als auch Vorsorgemaßnahmen, die das Schadenspotenzial reduzieren. Ein effektives und integriertes Starkregenrisikomanagement beinhaltet in der Regel beide Aspekte.

Dabei wurden die folgenden Bausteine der Förderrichtlinie sukzessiv bearbeitet und mit der Stadt Ibbenbüren abgestimmt:

1. Grundlagendaten
2. Analyse der Überflutungsgefährdung
3. Risikoanalyse
4. Handlungskonzept
5. Kommunale Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen im Starkregenrisikomanagement

Analog zur Arbeitshilfe „Kommunales Starkregenrisikomanagement“ (MULNV 2018) wird in dem vorliegenden Bericht der Stadt Ibbenbüren ein standardisiertes Vorgehen zur Risikominderung dargelegt.

Es werden Starkregengefahrenkarten erstellt und Überflutungsanalysen (Kapitel 2) durchgeführt. Für die festgestellten Überflutungsbereiche wird eine Risikoanalyse (Kapitel 3) vorgenommen und ein Handlungskonzept (Kapitel 4) erstellt. Weiterhin werden in dieser Studie die Möglichkeiten der kommunalen Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen untersucht (Kapitel 5).

Wesentlicher Bestandteil des Starkregenrisikomanagements sind die Starkregengefahrenkarten. Diese zeigen Flächen auf, die bei Starkregenereignissen besonders gefährdet sein können. In diesen Karten sind Überflutungsflächen und –tiefen, sowie Hinweise zu Fließgeschwindigkeiten bei Starkregenereignissen unterschiedlicher Intensitäten dargestellt. Sie stellen die Grundlage dar, um kritische Bereiche und gefährdete Objekte zu identifizieren (Kapitel 2). Vorab werden die zur Verfügung stehenden Grundlagendaten erläutert.

1.2. Grundlagendaten

Als Grundlagendaten standen folgende digitale Informationen zur Verfügung:

Planungsunterlage	Quelle	Stand
Digitales Geländemodell (DGM1)	Open.nrw	2019
Digitale Orthophotos (DOP) verschiedener Jahrgänge (aktuellstes 2019)	Open.nrw	2019
Allgemeine Basiskarte (ABK)	Open.nrw	2020
Topographische Karte (TK 25)	Open.nrw	2020
Gebäudedaten (ALKIS)	Open.nrw	2020
Gewässernetz und Durchlässe / Brücken / Verrohrungen (DLM)	Open.nrw	2020
Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen (Geolog. Dienst NRW)	Open.nrw	2020
Bodenkarte BK50	Open.nrw	2020
Kanalbestandsdaten Ibbenbüren Innenstadt	Stadt Ibbenbüren	Erhalten 2020
HW-Gefahrenkarten / HW-Risikokarten	MULNV	2020
Städtische Daten, Flächennutzung aus ALKIS	Open.nrw	2020

Die relevanten Befliegungsdaten (DGM1) wurden zu Beginn der Projektbearbeitung im Dezember 2020 von der Bezirksregierung Köln digital bezogen. Der Befliegungszeitraum im Stadtgebiet erfolgte im Jahr 2019 und spiegelt die Geländeoberfläche zu diesem Zeitpunkt wider. Im Besonderen die Katasterdaten, wie Flächennutzung und Gebäudebestand, unterliegen ständiger Änderungen und wurden stichtagsbezogen im Dezember 2020 vom Geoportal abgefragt.

Der Gebäudebestand stammt aus den ALKIS-Daten und wurde über einem GIS-Server des Landes NRW bezogen. Dieser Datensatz enthält in der Summe 42.578 Objekte im Stadtgebiet, die im weiteren Verlauf aufgrund von nicht relevanten Überbauungen und Durchfahrten auf 32.954 betrachtete Objekte gefiltert werden. Jedem Objekt wurde auf Basis der Funktion ein mögliches Schadenspotenzial (sehr gering, gering, mittel und hoch) zugewiesen.

Dabei ist jedem Gebäude exakt eine Gebäudefunktion nach dem Fachschema der ALKIS-Daten zugeordnet. Falschzuordnung der Funktion und somit des Schadenspotenzials können auf einer falschen Erfassung durch das Katasteramt oder einer unangemeldeten Umnutzung beruhen. Außerdem kann es bei der Zuordnung durch das Katasteramt zu Unschärfe bei der individuellen Bewertung kommen. Beispiel: Ob ein bestimmtes Gebäude eine ‚Fabrik‘, ein ‚Produktionsgebäude‘ oder ein ‚Betriebsgebäude‘ ist, hängt von Fall zu Fall von der Einschätzung des Katasteramtes ab.

Das Schadenspotential wird ausgedrückt durch eine Zahl zwischen 0 und 3, wobei 0 für ein sehr geringes Schadenspotential und 3 für ein hohes Schadenspotential steht. Die Bezeichnungen und Symbole aus der nachfolgenden Tabelle werden so auch in den Starkregengefahrenkarten verwendet.

Tab. 1-1: Einteilung der Gebäude nach ihrem Schadenspotential

Symbol in den Karten	Schadenspotential Nr.	Schadenspotential	Beispiel
	0	sehr gering	Scheune, Schuppen
	1	gering	Ferienhaus, Schutzhütte
	2	mittel	Wohnhaus
	3	hoch	Rathaus, Schule

Die Gebäude für öffentliche Zwecke wurden aus dem Gesamtdatensatz aufgrund ihrer Nutzung (Schule, Kindergarten, Rathaus etc.) extrahiert (3.000er-Werte). In den Starkregengefahrenkarten sind diese mit einer gesonderten Markierung dargestellt. Es befinden sich insgesamt 328 Gebäude bzw. Gebäudeteile mit einem öffentlichen Zweck im Stadtgebiet.

2. Analyse der Überflutungsgefährdung bei Starkregen

Die Ermittlung der Überflutungsgefährdung bei Starkregen erfolgt auf Basis einer detailliert hydronumerischen instationären 2D-Modellierung. Die Berechnungen wurden mit der Software HystemExtran der Firma itwh durchgeführt. Die Szenarien 2 und 3 wurden ungekoppelt berechnet. Die Berechnung des Szenario 1 erfolgte gekoppelt mit dem Kanalnetz für den Innenstadtbereich und das zum Kanalnetz gehörige ermittelte oberflächige Einzugsgebiet. Die Ergebnisse wurden nach den unten aufgeführten Kriterien ausgewertet:

- Überflutungstiefe [m]
- Zeitlicher Ablauf des Ereignisses

Zur Abschätzung der Sensitivität der Überflutungsgefährdung werden die o. g. Kriterien für verschiedene Szenarien des Niederschlags und der Abflusskapazität der Kanalisation (Kopplung Oberflächenabfluss und Kanalhydraulik) untersucht.

2.1. **Eingangsgrößen**

2.1.1. Niederschlag

Als Niederschlagsbelastung werden drei unterschiedliche Szenarien gemäß der Arbeitshilfe angesetzt. Alle Belastungen sind Modellregen mit einer Dauerstufe von einer Stunde. Die Szenarien entsprechen einem 30-jährlichen und 100-jährlichen Ereignis nach KOSTRA, sowie einem Extremereignis. Anhand des Starkregenindex lassen sie sich gemäß Abb. 2-1 als Starkregen mit dem Index SRI 5, 7 und 10 einordnen. Den jeweiligen Regenszenarien wird eine Nachlaufzeit von einer Stunde angeschlossen.

	Sz1								Sz2		Sz3					
Wiederkehrzeit T_n [a]	1	2	3,3	5	10	20	25	33,3	50	100	> 100					
Kategorie	Starkregen				intensiver Starkregen				außergewöhnlicher Starkregen		extremer Starkregen					
Starkregenindex SRI [-]	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Erhöhungsfaktor [-]									1,00		1,20 - 1,39	1,40 - 1,59	1,60 - 2,19	2,20 - 2,79	≥ 2,80	

Abb. 2-1: Einstufung der Szenarien in den Starkregenindex nach Schmitt

Die Niederschlagshöhe liegt dabei für alle Ereignisse deutlich über der Bemessung, die für den geforderten Entwässerungskomfort des Kanalnetzes angesetzt ($T_n = 5$ -jährlich) wird (Abb. 2-2).

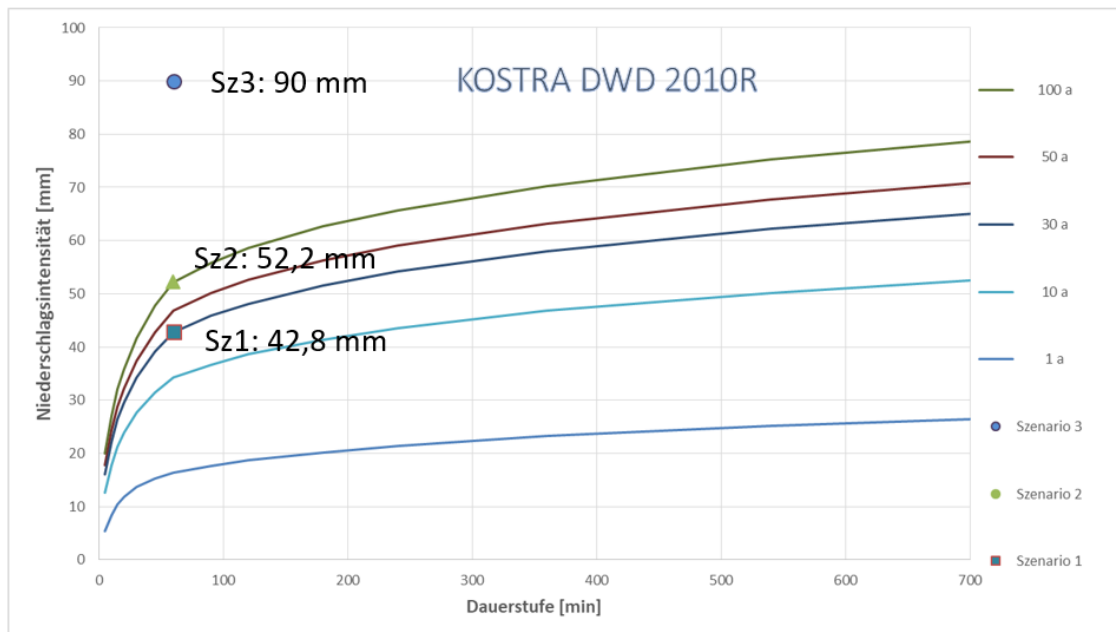


Abb. 2-2: Einordnung der Szenarien in die Niederschlagsstatistik des Deutschen Wetterdienstes

2.1.1.1. Zeitliche Verteilung

Bei den Szenarien mit einer KOSTRA-Regenbelastung wurde jeweils eine Euler II-Verteilung als zeitliche Verteilung der Intensität angesetzt. Die Euler II-Verteilung wurde gewählt, um einen kritischen Belastungszustand für das Stadtgebiet abzubilden. Innerhalb des Modellgebietes gibt es unterschiedliche topographische Strukturen (Gräben und nicht ständig wasserführende Fließwege in Oberläufen, breitere Gewässer in Unterläufen). Beide Vorfluttypen reagieren hydraulisch unterschiedlich. Von kleineren Fließwegen, Gräben und kleineren Gewässern geht insbesondere bei hoher Niederschlagsintensität eine Gefährdung aus. Die Summe des gefallenen Niederschlags spielt hier eine untergeordnete Rolle. Je größer das Gewässer und je geringer die Sohlneigung, umso mehr dreht sich das Verhältnis um und für das Abflussgeschehen spielt zunehmend die Niederschlagssumme eine Rolle.

Diese Typen von Abflusssystemen lassen sich nicht exakt voneinander abgrenzen. Innerhalb des Modellgebietes existiert eine Vielzahl von Zwischensystemen. Die Euler II-Verteilung mit einem anfangsbetonten Niederschlag ist am besten geeignet, um diesem Effekt gerecht zu werden. Eine hohe Intensität am Beginn und über den gesamten Verlauf des Niederschlags bewirkt in beiden Systemen eine kritische Belastung.

2.1.1.2. Szenario 1 (selten): KOSTRA-Modellregen T30 | D60

Als Szenario 1 wird der einstündige KOSTRA-Regen mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von einmal in 30 Jahren verwendet. Dieser Regen bildet ein Ereignis ab, das häufiger als einmal in 30 Jahren auftritt, aber die Bemessung des Kanalnetzes schon überschreitet.

Der Modellregen folgt einer Euler II-Verteilung nach KOSTRA-DWD für das Stadtgebiet Ibbenbüren (Rasterfeld Spalte 17, Zeile 38). Die Niederschlagshöhe beträgt für dieses Szenario 42,8 mm.

2.1.1.3. Szenario 2 (außergewöhnlich): KOSTRA-Modellregen T100 | D60

Für das Szenario 2 gibt die Arbeitshilfe als Vorgabe ein „*regional differenziertes, statistisches Regenereignis*“ mit der Dauer von einer Stunde und einer Jährlichkeit von 100 Jahren vor, dass zu einem außergewöhnlichen Oberflächenabflussereignis führt. Die Gesamtniederschlagshöhe beträgt 52,2 mm und der Niederschlagsverlauf wird ebenfalls anhand der Euler II-Verteilung angesetzt.

2.1.1.4. Szenario 3 (extrem): Extremes Ereignis als Blockregen

Für die Simulation des Szenarios 3 wird das von der Arbeitshilfe vorgegebene Extremereignis als Blockregen von 90 mm in einer Stunde verwendet. Dies ist ein pauschaler Ansatz, der für ganz NRW gilt und somit keinen regional differenzierten Wert darstellt. Die Niederschlagshöhe ist deutlich über der 100-Jährlichkeit von Szenario 2 einzuordnen. Diese Regenbelastung führt zu einem extremen Oberflächenabflussereignis und stellt das Pendant zum Extremereignis bei den HW-Gefahrenkarten dar.

2.1.2. Topographie

Für die Modellierung des im Starkregenfall auftretenden Oberflächenabflusses wurde eine detaillierte Abbildung der Geländeoberfläche erstellt. Grundlage stellt das DGM1 mit einer Punktdichte von 1 x 1 m dar (Befliegung Stand 2019). Anhand des DGM wurde eine topographische Analyse durchgeführt, bei der Wasserscheiden und Fließwege mithilfe eines Algorithmus aufgrund von 8 möglichen Fließrichtungen bestimmt werden. Auf diese Weise lässt sich das hydrologische Einzugsgebiet ermitteln. In *Abb. 2-3* zeigt sich das gesamte Gebiet, innerhalb dessen Niederschlagswasser dem Stadtgebiet zufließen kann. Die Erweiterung des Gebietes erfolgt insbesondere in Richtung Osten, um die Einzugsgebiete der Ibbenbürener Aa zu erfassen. Das betrachtete Modellgebiet ergibt sich demnach zu ca. 153 km². Dieses ergänzte Modell dient als Grundlage für die Fließwege- und Muldenanalyse und den daraus abgeleiteten Fachinformationen.

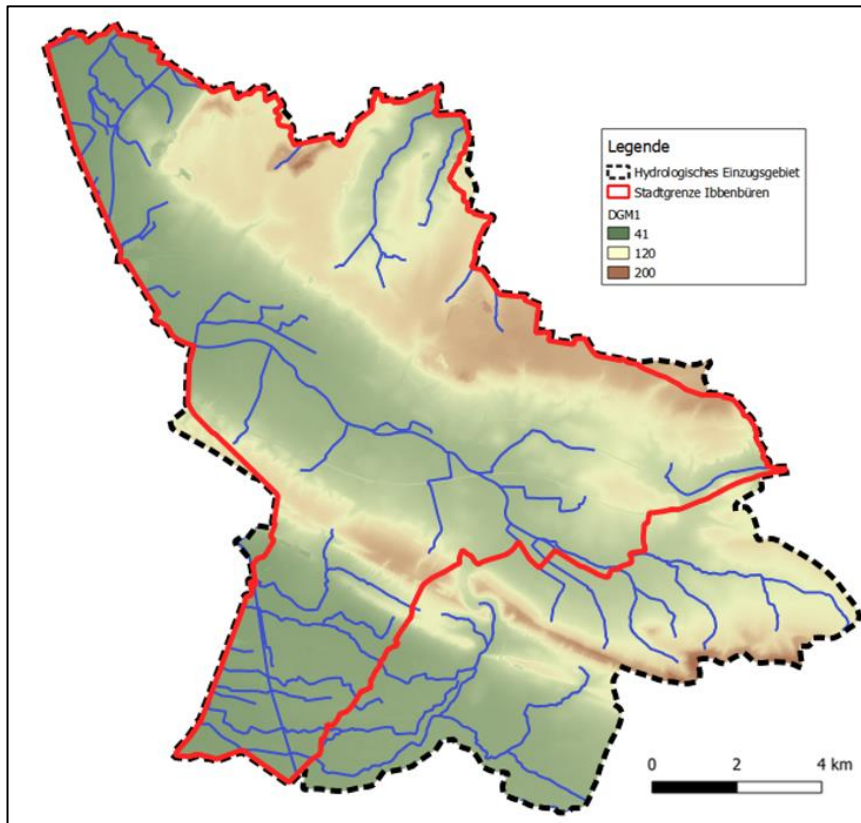


Abb. 2-3: Stadtgebiet mit hydrologischem Einzugsgebiet

2.2. Hydraulische Gefährdungsanalyse

Die 2D-Modellierung ermöglicht die Erfassung und Darstellung eines bestehenden oder eines im Fall von wild abfließendem Wasser (schlafende Gräben) entstehenden Gerinnesystems und der abflussrelevanten Strukturen. Somit können die Strömungsverhältnisse und die Überflutungsvorgänge in beliebig strukturierten Gebieten dargestellt werden. Das Untersuchungsgebiet wird durch ein trianguliertes Rechnetz abgebildet und stellt somit eine gute Anpassung an die topographischen und hydrodynamischen Gegebenheiten des rd. 153 km² großen hydrologischen Untersuchungsgebietes dar. Bei der Generierung des Modellnetzes wurde darauf geachtet, dass die abflussrelevanten Strukturen in den kritischen Bereichen für die Gefährdungsanalyse adäquat abgebildet werden. Dabei wurden auch die Wechselwirkungen zwischen Bauwerken (Durchlässe, Brücken) und dem Oberflächenabfluss in die 2D-Modellierung einbezogen. Ebenso werden Gebäude berücksichtigt. Hierzu sind in den Modellen bereits Gebäudeumrisse als Bruchkanten hinterlegt, die Abflusshindernisse darstellen. Bordsteine werden als Linienelemente zwischen den ALKIS-Nutzungen *Straßenverkehr* und *Weg* als Bruchkanten in das Modell übernommen.

Eingangsdaten für die 2D-Modellierung sind

- die Landnutzung zur Bestimmung der Rauheitsbeiwerte (ALKIS)
- die Gebäudesituation / Gebäudeumringe (ALKIS)
- die abflussrelevanten Strukturen (Basis-DLM)
- Bruchkanten an Bordsteinen (nach ALKIS)
- das städtische Kanalnetz mit Sonderbauwerken (Szenario 1)
- die Regenwasserspenden für die jeweiligen Szenarien und
- die Topographie bzw. das daraus entstandene Berechnungsnetz (s. Kap. 2.1.2).

2.2.1. Oberfläche

Die Berechnungsoberfläche wird durch ein unregelmäßiges Dreiecksnetz (TIN *Triangulated Irregular Network*) abgebildet. Die primäre Datengrundlage für das Höhenmodell bilden aufbereitete Höhenpunkte aus der Befliegung in einem 1 x 1 m-Raster. Das DGM1 stammt aus dem Erhebungszyklus des Jahres 2019. Durch einen Algorithmus werden die Punktdaten zu Dreiecken vermascht. Dabei wird die Anzahl der Höhenpunkte reduziert und redundante Höheninformationen werden entfernt (vgl. Abb. 2-4). Diese Methode bietet den Vorteil, dass unterschiedliche Detailauflösungen möglich sind, was die Performance des Modells deutlich verbessert. Auf großen, sehr ebenen Flächen ist es so möglich das Modell gröber abzubilden, da weniger Elemente erforderlich sind, um die Oberfläche adäquat abzubilden, wohingegen in bebauten Gebieten ein feineres Netz erstellt werden kann. Bei der Modellerstellung wird diese genutzt, um im Siedlungsbereich, an Gewässerverläufen und an Straßenverläufen eine detailliertes Dreiecksnetz zu erhalten. Im Außenbereich wird hingegen eine gröbere Netzgröße angesetzt.



Abb. 2-4: Aufbau eines TINs mit Gebäude

2.2.2. Geländerauheit

Im hydraulischen Modell werden die Oberflächenrauheiten entsprechend der vorhandenen Flächennutzung der ALKIS-Daten übernommen. Die Rauheit wird für den Berechnungsansatz mit der Fließformel nach Gaukler-Manning-Strickler über den k_{st} -Werte in die Berechnung des Abflusses mit einbezogen. Jedem Dreieckselement wird dabei eine Oberflächenrauheit zugeordnet. Die gewählten k_{st} -Werte sind in *Tab. 2-1* aufgeführt. Diese sind angelehnt an Werte aus dem Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden Württemberg [6].

Tab. 2-1: Nutzungsart nach ALKIS und k_{st} -Wert

Nutzungsart	k_{st} -Wert
Gehölz	10
Wald	15
Fläche gemischter Nutzung	15
Fläche besonderer funktionaler Prägung	15
Wohnbaufläche	15
Friedhof	15
Industrie- und Gewerbefläche	20
Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	20
Fließgewässer	25
Stehendes Gewässer	25
Halde	25
Tagebau, Grube, Steinbruch	25
Unland / Vegetationslose Fläche	25
Landwirtschaft	30
Schiffsverkehr	30
Sumpf	30
Bahnverkehr	40
Platz	45
Straßenverkehr	60
Weg	60
Flugverkehr	70
Gebäude	70

2.2.3. Gebäude

Die Gebäude wurden als Abflusshindernisse auf das Geländemodell aufgebracht. Grundlage stellen die Daten aus dem vereinfachten ALKIS-Datensatz des Landes NRW. Die Aktualität entspricht dem Bezugsdatum von Dezember 2020. Bei der TIN-Bildung werden alle Dreiecke an den Bruchkanten der Gebäude ausgerichtet. Die Gebäudekanten sind als unüberströmbare Elemente abgebildet und die Bestandsgebäude als Löcher im Dreiecksmodell berücksichtigt. Kleinräumige Gebäudestrukturen, wie in *Abb. 2-5* links dargestellt, führen dazu, dass an diesen Stellen die Dreieckselemente beim Modellaufbau sehr klein werden. In der Folge kann dies zu Instabilitäten bei der Berechnung führen und sich die Rechendauer stark erhöhen. Die Gebäude werden daher im Pre-Processing im GIS in diesen Bereichen leicht vereinfacht, wobei die Gebäudestruktur vollständig erhalten bleibt.

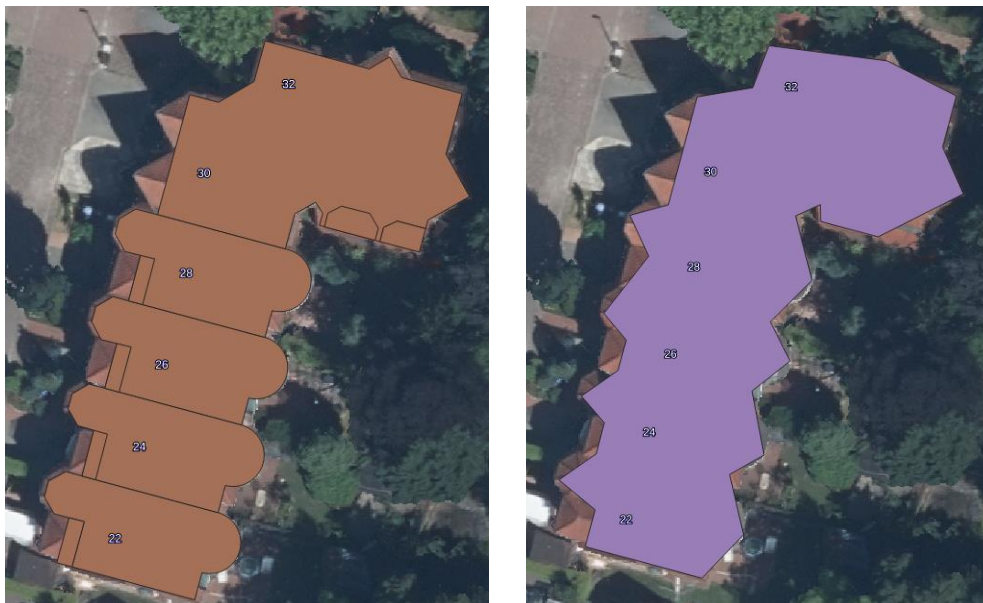


Abb. 2-5: Vereinfachung der Gebäudestrukturen (links: Original-Daten, rechts: Vereinfachung)

Alle Dreieckselemente der Oberflächenmodelle werden gemäß der Vorgabe des Leitfadens direkt berechnet. Es erfolgt keine direkte Zuordnung von Flächen ans Kanalnetz, wie es üblicherweise bei der klassischen Berechnung von Überflutungsbetrachtungen im Rahmen des GEP erfolgt. Das auf die Dachfläche fallende Wasser gelangt im Modell nicht über die Dachentwässerung in den Kanal, sondern wird auf umliegende Dreiecke verteilt. Der Modellansatz zur Abbildung des Niederschlags wird als *direkte Begegnung mit Randverteilung* bezeichnet (vgl. *Abb. 2-6*).

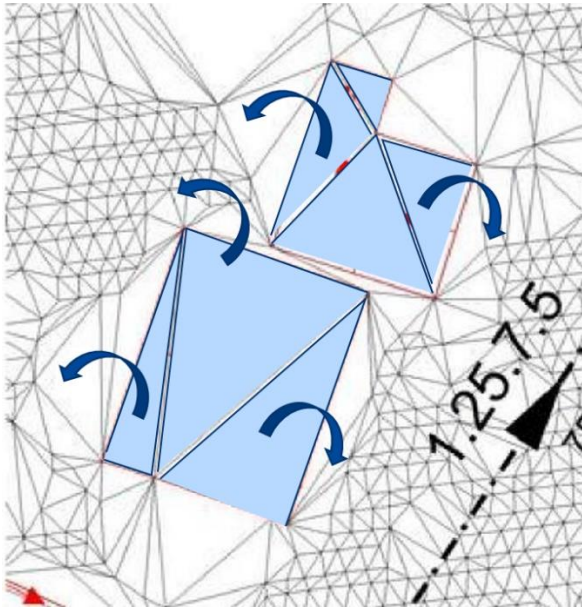


Abb. 2-6: Prinzipskizze der Randverteilung

2.2.4. Kanalisation

Das Kanalnetzmodell für den Innenstadtbereich wurde von der Stadt Ibbenbüren in zwei Teilnetzen als „.net“-Datei übergeben. Im Vorfeld der Berechnungen wurde das Kanalnetz geprüft und für fehlende Deckelhöhen die Geländehöhe aus dem DGM ermittelt. Für das westliche Teilnetz wurde eine Koordinatentransformation von Gauss Krüger in UTM durchgeführt. Die beiden Teilnetze wurden anschließend zusammengeführt.

Insgesamt umfasst das Kanalnetz ca. 18,4 km Mischwasserkanäle, ca. 112,5 km Regenwasserkanäle und ca. 105,9 km Schmutzwasserkanäle.

Die Schmutzwasserkanäle nehmen in der Regel kein Regenwasser auf und werden nicht in die Berechnung mit einbezogen. Eine Verknüpfung zwischen Kanal- und Oberflächenmodell findet als bidirektionale Kopplung an den Schächten der Misch- und Regenwasserkanalisation statt (vgl. Abb. 2-7). Das bedeutet, dass ein Wasseraustausch sowohl von der Oberfläche in den Kanal als auch bei Überstau aus dem Kanal auf die Oberfläche möglich ist. Das Schluckvermögen von Austauschschächten wird mit 30 l/s festgelegt.

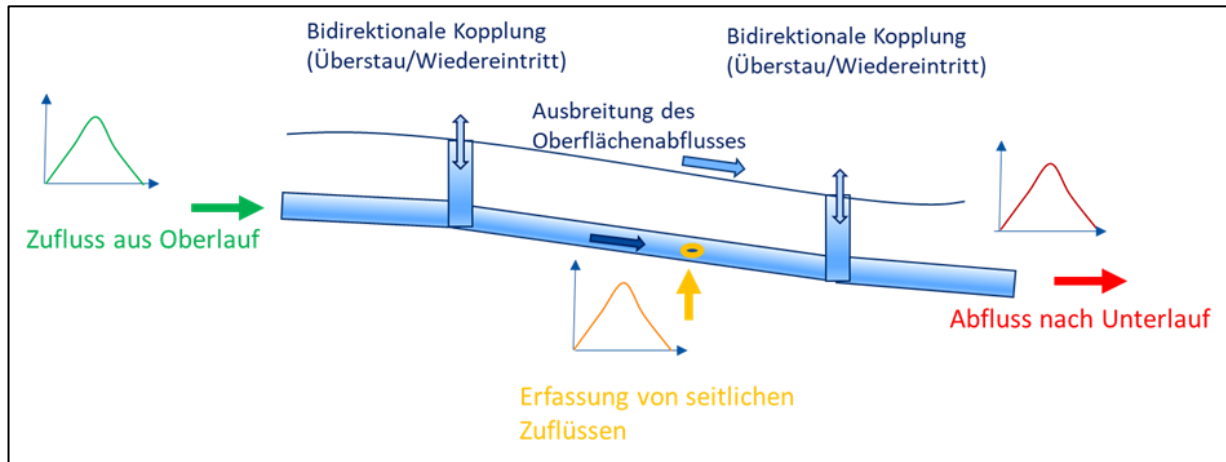


Abb. 2-7: Schematische Darstellung der bidirektionalen Kopplung

2.2.5. Gewässerdurchlässe und Verrohrungen

Unterirdische Elemente wie Gewässerdurchlässe und Verrohrungen sind im Digitalen Geländemodell in der Regel nicht abgebildet und müssen nachträglich ins Modell integriert werden. Fehlen diese, kann es zu einem unrealistischen Aufstau an den Einläufen kommen und Wasser kann nicht weitergeleitet werden.

Informationen zu Gewässerdurchlässen und Verrohrungen im Stadtgebiet stammen aus folgenden Quellen:

- Basis-DLM
- Abgleich mit ABK und Luftbilder
- Analyse DGM
- Ortsbegehung

Modelltechnisch werden die Elemente durch eine „fiktive Haltung“ als unterirdisches Ableitungselement integriert. Sie sind damit Teil des Kanalnetzmodells, wobei ein Austausch mit der Oberfläche über die Schachtsohle an den Endpunkten erfolgt. Hydraulisch begrenzend wirkt die hinterlegte Geometrie der Haltung. Für die Elemente wurde die räumliche Lage geprüft und gegebenenfalls angepasst, sodass Einlauf und Auslauf an den tiefsten Stellen des Gewässers oder Grabens liegen.

Datengrundlage sind insbesondere die Durchlässe aus dem Basis-DLM. Die Lage weiterer Durchlässe wird durch die Auswertung der Berechnungsergebnisse, sowie anhand von DGM, ABK, Luftbildern und DLM erfasst. Weitere Durchlässe wurden im Rahmen von Ortsbegehungen durch das Ingenieurbüro FISCHER TEAMPLAN erfasst.

Auf diese Weise sind 1.054 Durchlässe und Verrohrungen im Modellgebiet erfasst. Bei 919 Durchlässen wurde eine pauschale Geometrie von DN1000 angepasst. An weiteren 135 Durchlässen wurde eine pauschale Geometrie von DN2000 angesetzt. Dies betrifft insbesondere die Unterläufe der größeren Bäche (Laggenbecker Mühlenbach, Rothmühlebach, Brochterbecker Mühlengraben). Im Bereich der Brückenbauwerke im Verlauf der Ibbenbürener Aa als Hauptvorfluter wurden, sofern noch nicht im DGM1 berücksichtigt, die Gewässerläufe im Oberflächenmodell freigeschnitten.

2.2.6. Modellierung / Simulation

Durch die 2D-Modellierung wird auch die Simulation der zeitlichen Entwicklung der Überflutungstiefen auf den Verlauf von Überflutungen sichtbar. Die angesetzten Regenszenarien führen zur Abflussbildung in der Fläche und es können die natürlichen Fließverläufe auf Basis der Topographie ermittelt werden. Damit werden die bevorzugten Fließwege und der Einstau von Mulden erfasst, woraus in einem weiteren Schritt (Stichwort Handlungskonzept) eine robuste Einschätzung der Wirksamkeit von baulichen Maßnahmen vorgenommen werden kann. Außerdem können durch die Geschwindigkeit und Gefälleverhältnisse auch Erosion und Verlandungsbereiche lokalisiert werden, die zu einer Verlandung von Durchlässen führen können und ggf. damit die hydraulische Wirksamkeit abmindern.

Auf Basis des Bestandsmodells können zukünftige bauliche Szenarien daraufhin untersucht werden, ob und wie potenzielle Schutzmaßnahmen wirken.

2.2.7. Plausibilisierung

Die Ergebnisse der Modellierungen wurden geprüft. Falls notwendig wurden Modellanpassungen durchgeführt. Die Plausibilität der Starkregengefahrenkarten wurde im Zuge der Erarbeitung durch dokumentierte Feuerwehreinsätze und die Verifikation bekannter Überflutungsschwerpunkte durch die Stadt Ibbenbüren bestätigt. Beispielhaft ist in *Abb. 2-8* die Integration eines alten Kastendurchlasses unter der Bahntrasse in das Modell im Bereich der Gillmannstraße abgebildet.

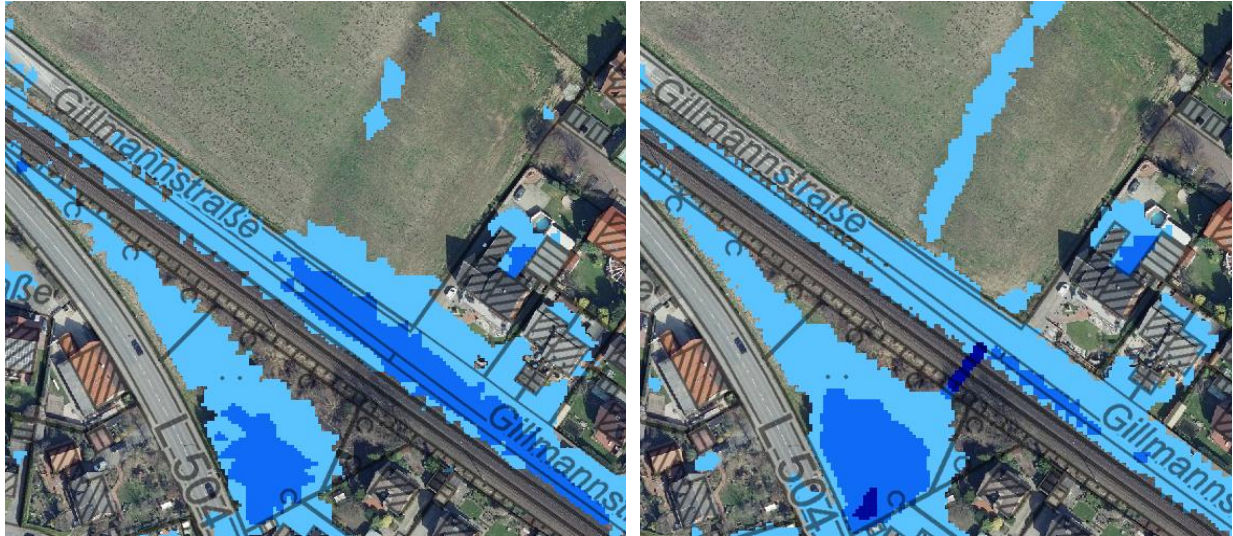


Abb. 2-8: Freischneiden eines alten Kastendurchlasses unter der Bahntrasse (links vorher, rechts nach Anpassung)

2.2.8. Ergebnisdarstellung

Die 2D-Modellierung berechnet für das Niederschlagsereignis die sich einstellende Wasserspiegellage und Fließtiefe zum jeweiligen Zeitpunkt des Abflusses. Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung wurden mithilfe von geografischen Informationssystemen mit der Geländeoberfläche verschnitten. Anschließend wurde jedes Szenario mit folgenden Parametern beschrieben:

- Überflutungsausdehnung
- Überflutungstiefe [m]
- Zeitlicher Ablauf des Ereignisses (Animation)

2.3. **Starkregengefahrenkarte**

In den Starkregengefahrenkarten sind die Ergebnisse der 2D-Abflussmodellierung dargestellt. Es werden die Überflutungsausdehnung und die Tiefen der Überflutungen für die jeweiligen berechneten Szenarien visualisiert. Die Ergebnisse zeigen dabei die Maximalwerte, die sich während der gesamten Simulationsdauer einstellen. Der Zeitpunkt ist dabei individuell verschieden. Während sich in Mulden und Geländesenken der maximale Wasserstand aufgrund fehlender Abflussmöglichkeiten in einem längeren Zeitraum einstellt, spiegeln die Werte in Hanglagen lediglich einen kurzen Zeitpunkt dar, in dem die Abflussspitze abfließt. Aufgrund des gewählten Regens als Euler Typ 2 mit starker Anfangsbetonung werden für die Szenarien 1 und 2 die Maxima erst ab dem Zeitpunkt 25 min ausgewertet.

Der zeitliche Verlauf der Überflutungszustände für die Szenarien 2 und 3 werden für eine Stunde Niederschlagsdauer und eine Stunde Nachlauf ergänzend als Animation bereitgestellt.

Die Überflutungstiefen werden gemäß der Arbeitshilfe in drei Stufen dargestellt (Tab. 2-2). Eine Einfärbung erfolgt erst ab einem Wasserstand von 10 cm.

Tab. 2-2: Darstellung der Wassertiefen in den Gefahrenkarten

Überflutungstiefe	
	< 10 cm
	10 – 50 cm
	50 – 100 cm
	> 100 cm

Die potenziellen Gefahren für die menschliche Gesundheit und Infrastruktur sowie Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen sind in Tab. 2-3 dargestellt. Durch ansteigenden Wasserstand ist ein höheres Gefährdungspotential gegeben.

Tab. 2-3: Potenzielle Gefahren für menschliche Gesundheit / Infrastruktur nach Überflutungstiefe

Überflutungstiefe	Potenzielle Gefahren für die menschliche Gesundheit	Potenzielle Gefahren für Infrastruktur und Objekte
10 – 50 cm	• volllaufende Keller können das Öffnen von Kellertüren gegen den Wasserdruck verhindern • für (Klein-) Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens bereits bei niedrigen Überflutungstiefen • Stromschlag-Gefahr durch überflutete Stromverteiler im Keller	• Überflutung und Wassereintritt durch ebenerdige Kellerfenster oder ebenerdige Lichtschächte von Kellerfenstern • Wassereintritt in tieferliegende Gebäudeteile, z. B. Souterrain-Wohnungen, (Tief-) Garageneinfahrten, U-Bahn-Zugänge • Hohe Wasserstände in Unterführungen • Wassereintritt durch ebenerdige Türen • Wassereintritt auch durch höher gelegene Kellerfenster möglich
50 – 100 cm	• s. o. • Gefahr für die menschliche Gesundheit durch Treibgut oder nicht sichtbare Unebenheiten unter der Wasseroberfläche • Gefahr des Ertrinkens für Kinder und Erwachsene	• Wassereintritt auch bei erhöhten Eingängen möglich • Gefahr für öffentliche Infrastruktureinrichtungen (Strom, Telekommunikation)
> 100 cm	• Gefahr für die menschliche Gesundheit bei statischem Versagen und Bruch von Wänden • Gefahr des Ertrinkens für Kinder und Erwachsene	• Mögliches Versagen von Bauwerksteilen

Gebäude mit öffentlicher Funktion sind in den Starkregengefahrenkarten neben der Klassifizierung des Schadenspotenzials noch einmal besonders durch einen schwarzen gezackten Rahmen hervorgehoben. Folgende Abbildung zeigt auszugsweise die Ergebnisse der Starkregengefahrenkarten.

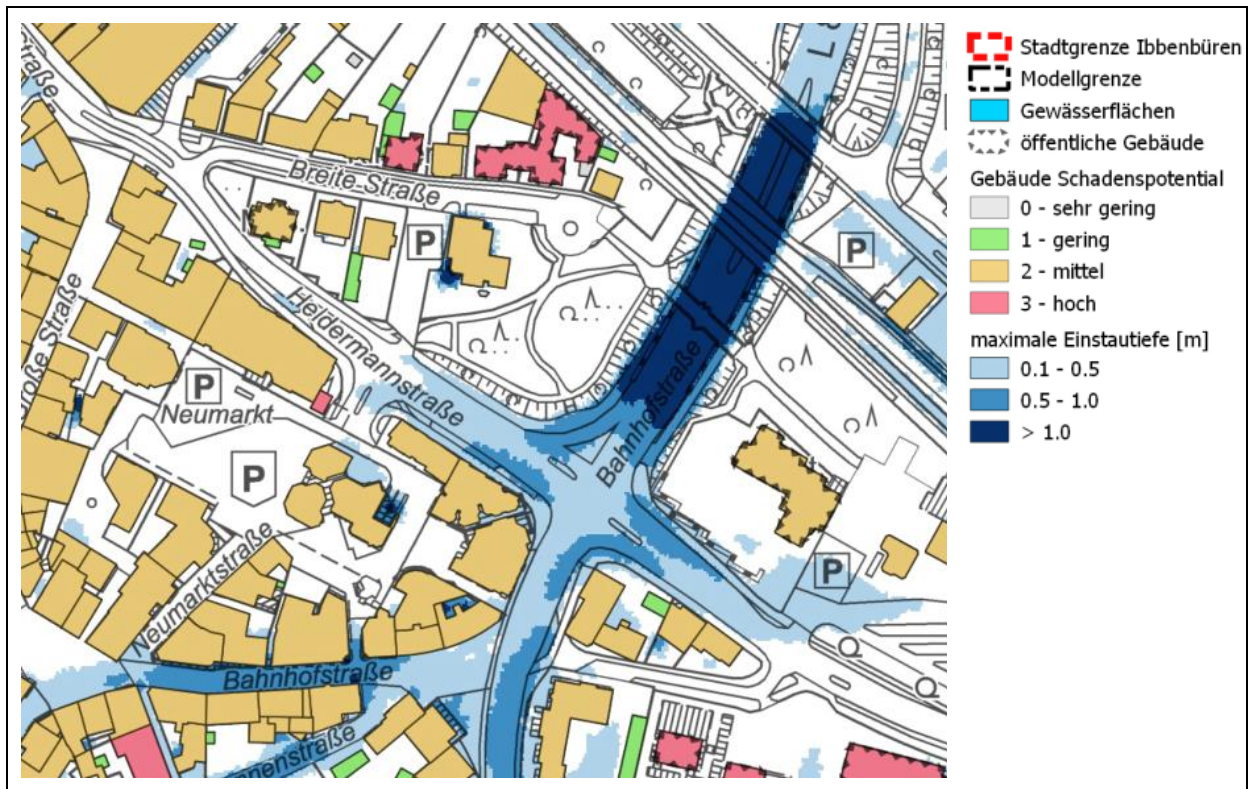


Abb. 2-9: Auszug Starkregengefahrenkarte mit Wassertiefe und Schadenspotential

3. Risikoanalyse

Das Überflutungsrisiko ergibt sich aus der Kombination der Überflutungsgefahr bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit (Einstautiefe) und der Verletzbarkeit (Vulnerabilität) bzw. dem Schadenspotenzial. Bei der Starkregenrisikoanalyse wird grundsätzlich zwischen der kommunalen Risikoanalyse, die vorwiegend öffentliche Objekte, kommunale Bereiche und Infrastruktureinrichtungen im Blick hat, und der privaten Risikoanalyse, die in der Verantwortung der privaten oder gewerblichen Betreiber und Eigentümer liegt, unterschieden.

Ziel der kommunalen Risikoanalyse ist es, Aussagen zum potenziellen Ausmaß von Gefahren für die menschliche Gesundheit sowie Schäden an öffentlichen Objekten und Infrastruktureinrichtungen zu treffen. Diese Einschätzung erfolgt auf Grundlage der vorhandenen Ortskenntnisse und unter Beteiligung der wesentlichen Akteure in der Kommune.

Die kommunale Risikoanalyse erfolgt dabei in drei Schritten, die modular bearbeitet wurden:

1. Ermittlung der Überflutungsgefährdung – Analyse der Starkregengefahrenkarte und weiterer Gefahreninformationen wie Gefahr durch Erosion oder Geröll
2. Analyse des Schadenspotenzials – Identifizierung von kritischen öffentlichen Objekten, Bereichen und Infrastruktureinrichtungen
3. Ermittlung und verbale Bewertung des Überflutungsrisikos als Zusammentreffen von Gefährdung oder Eintrittswahrscheinlichkeit und Verletzbarkeit (Vulnerabilität) oder Schadenspotenzial

Die Ergebnisse der kommunalen Risikoanalyse bilden im Anschluss die Basis für die Ableitung und Definition von Maßnahmen im kommunalen Handlungskonzept. Bei der Analyse von potenziellen Gefahren für die menschliche Gesundheit sowie der Einschätzung von potenziellen Schäden an Objekten und Infrastruktur erfolgt im hier beschriebenen Verfahren keine direkte monetäre Bewertung, sondern nur eine qualitative Einschätzung.

3.1. Analyse der Starkregengefahrenkarte

Als erster Schritt der Risikoanalyse werden durch die Analyse der Starkregengefahrenkarten für die Szenarien 1 bis 3 die Bereiche identifiziert, die bei Starkregenereignissen überflutet werden können und durch hohe Überflutungstiefen, große Überflutungsausdehnung und / oder hohe Fließgeschwindigkeiten gekennzeichnet sind und wo ggf. die Gefahr durch Erosion bzw. Gerölltransport besteht. Die Gefährdung im Stadtgebiet Ibbenbüren ist in besonderem Maße an den Siedlungsbereichen an und unterhalb der Hanglagen zu beobachten. Hier bilden sich im Starkregenfall Sturzfluten aus, die aus Außengebieten in die Bebauung gelangen und sich in Geländetiefpunkten großflächig sammeln. Vorhandene Gewässer und Gräben können diese Wassermengen nicht mehr aufnehmen.

Darüber hinaus wurden die folgenden Kriterien geprüft:

- Der Eintritt geringer Wassermengen kann in Gebäuden hohe Sachschäden erzeugen, vor allem da das eintretende Wasser verunreinigt oder mit Sedimenten belastet sein kann. Daher sollten auch Gebiete, in denen die Analyse der Starkregengefahrenkarten nur geringe Überflutungstiefen ausweist, in der Bewertung des möglichen Schadenspotenzials nicht vernachlässigt werden. Dieser Aspekt wurde durch die Analyse der Gebäude in Nähe von erosionsgefährdeten Hangflächen mit landwirtschaftlicher Nutzung berücksichtigt. → Hinweis auf Fachkarte Nr. 8
- Die Überflutungsdauer kann vor allem in Siedlungsbereichen, in denen das Wasser nicht abfließen kann und entsprechend lange steht, eine Rolle spielen (z. B. Siedlungsbereiche in Tieflagen). Hinsichtlich notwendiger Rettungsmaßnahmen sind solche Siedlungsbereiche als gefährdeter einzustufen als Bereiche, die rasch trockenfallen und somit schnell wieder erreichbar sind. Dieser Aspekt wurde durch die Lokalisierung von Verbindungswegen, die auch eine Stunde nach dem Ereignis noch deutlich eingestaut sind, analysiert. → Hinweis auf Fachkarte Nr. 8

3.2. Ermittlung kritischer Objekte und Bereiche

Bei der Abschätzung möglicher Schäden durch Starkregen werden sowohl nicht-monetäre als auch monetäre Schäden (ohne weitere Quantifizierung) berücksichtigt. Zu den nicht-monetären Schäden gehören die Gefährdung menschlicher Gesundheit, die Beschädigung von Kulturgütern und Umweltschäden, wie die Verunreinigung von Böden und Gewässern oder die Beeinträchtigung von Ökosystemen.

Monetäre Schäden können auftreten

- an Gebäuden und Inventar,
- an öffentlichen Einrichtungen,
- an Anlagen der Wirtschaft und Industrie,
- durch Störung oder Ausfall von Produktions- und Dienstleistungsprozessen,
- in der Land- und Forstwirtschaft,
- an der Infrastruktur sowie
- an Gewässern und wasserbaulichen Anlagen.

Im Rahmen der Abschätzung möglicher Schäden durch Starkregen können kritische Objekte, Bereiche und Infrastruktureinrichtungen in die Starkregengefahrenkarten eingezeichnet werden, für die bei Starkregenereignissen Gefahren für die menschliche Gesundheit bzw. erhebliche Schäden und Beeinträchtigungen erwartet werden (vgl. *Tab. 2-3*). Basierend auf diesen Karten können anschließend ggf. weitere Karten für spezifische, kommunal wichtige Themenfelder (z. B. wichtige Verbindungswege) und besonders schutzwürdige Objekte und Bereiche (z. B. Ökosysteme, Land- und Forstwirtschaft im Hinblick auf Erosion, Feststoff- und Gerölltransport usw.) erstellt werden. Bei der Abschätzung möglicher Schäden durch Starkregen sollten auch Einrichtungen berücksichtigt werden, die außerhalb der Eingriffs- und Handlungsmöglichkeiten der Kommune liegen (z. B. private Krankenhäuser, Kindergärten und Stromversorger).

Verursacht durch hohe Fließgeschwindigkeiten des zu- und abfließenden Wassers können nach Starkregenereignissen intensive Erosionsprozesse auftreten, die mit starkem Gerölltransport verbunden sind. Durch Geröll kann einerseits Gefahr für die menschliche Gesundheit entstehen und andererseits die Gefahr der Bauwerksverlegung und der Gewässerverlegung massiv ansteigen. So können völlig neue Fließwege entstehen. Ob mit der Verlegung von Bauwerken (z. B. Verrohrungen, Brücken und Durchlässen) mit neuen Einstauflächen zu rechnen ist, geht aus einer statischen Betrachtung aus dem Kartensatz Nr. 8 hervor. Die Karten zur Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen vom Geologischen Dienst NRW wurden verwendet und für Flächen von hoher Erosivität ausgewertet (Kartensatz Nr. 8).

Das Schadenspotenzial der Gebäude wurde aufgrund der öffentlich verfügbaren Katasterdaten (ALKIS) ermittelt. Dabei wird die Gebäudenutzung, so wie sie in den ALKIS Daten erfasst ist, der Zuordnung eines Schadenspotenzials zugrunde gelegt. Als besonders kritische Objekte sind alle Gebäude mit einem öffentlichen Zweck in die Untersuchung eingegangen. Bei ca. 230 Arten der Nutzung, die in den ALKIS-Daten unterschieden werden, sind 83 Arten der Nutzung für einen öffentlichen Zweck aufgelistet.

In einer detaillierten Analyse wurden für einzelne öffentliche Objekte zusätzlich die Grundlagen für die gesonderte Erhebung von individuellen spezifischen Gegebenheiten, insbesondere die bauliche Gestaltung einzelner Gebäude, wie z. B. die Höhenlage von Eingängen, Zufahrten und Lichtschächten, sowie eine objektbezogene Abschätzung potenziell überflutungsbetroffener Werte angestoßen (Anlage Risikocheckliste).

Für einen Kindergarten ist es beispielsweise entscheidend, ob ein zweites Geschoss vorhanden ist, das als Zufluchtsraum genutzt werden kann und ob weitere Zugangs- und Rettungswege bestehen. Für die detaillierte Analyse sind deshalb ggf. zusätzliche lokale Vermessungen, Ortsbegehungen oder Befragungen notwendig. Angesichts des hohen Aufwands hierfür sollte sich die Anwendung hauptsächlich auf kleinräumige Betrachtungen bzw. besonders überflutungsgefährdete Bereiche beschränken, sofern die abschließende Einschätzung im Rahmen der Risikoanalyse aus nachvollziehbaren Gründen notwendig erscheint. Im Regelfall ist die detaillierte Analyse, sofern notwendig, als Arbeitsauftrag im Handlungskonzept zu formulieren.

Tab. 3-1: Liste kritischer Bereiche / Objekte zur Abschätzung mögl. Schäden (HWRM-RL 2016)

Objekt/Bereich	Risikoaspekt
Besonders kritische Objekte, z. B.: • Einrichtungen für Menschen mit Behinderungen • Schulen, Kindergärten • Alten- und Seniorenheime, Krankenhäuser • Museen, Bibliotheken etc. • insbesondere wenn im Erdgeschoss ein erhöhtes Schutzbedürfnis besteht oder Abgänge zu Keller-geschossen vorhanden sind	• Erhöhtes Schadenspotenzial • Erhöhte Gefahr für Gesundheit, Bevölke-rung mit speziellen Bedürfnissen (z. B. eingeschränkte Mobilität) für Schutz und Evakuierung • Evtl. kulturhistorische Relevanz
• Geländetiefpunkte, wie Unterführungen und Senken	• Gefahr durch Ertrinken • Wegfall von Evakuierungs- und Einsatzrou-ten
• Abschüssige Straßen	• Ausbildung hoher Fließgeschwindigkeiten und neuer Fließwege
• Abgänge zu Unterführungen • öffentliche Tiefgaragen • Tiefliegende Fußgängerpassagen	• Fehlende Rettungswege • Mögliche Fallen für Bevölkerung
• An die Straßen angrenzende öffentliche Bebauung mit ausgebautem 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 Krisenmanage-ment • Erreichbarkeit im Ereignisfall • Sicherstellung des Zugangs zu den be-troffenen Gebieten
• Einrichtungen und Objekte mit möglichen Schad-stoffquellen, die zu einer Gefährdung im öffentli-chen Raum führen können, wie z. B.: – Tankstellen und Lager für wassergefährdende Stoffe – Forschungseinrichtungen mit wasser- und gesundheitsgefährdeten Stoffen	• Hohes Schadenspotenzial durch Folge-schäden

Objekt/Bereich	Risikoaspekt
- Kläranlagen - Landwirtschaftliche Betriebe mit Chemikalienlagern und/oder Tierhaltung - Produktionsanlagen - Chemielager	• Hohes Schadenspotenzial durch Folgeschäden
• Erosionsgefährdete Gebiete	• Hoher Materialtransport
• Verrohrungen • 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 Fernmeldewesen	• Wichtige Infrastruktur

Zur Ermittlung der kritischen Objekte wurden die Gebäude und Bereiche von gefährdeten Infrastruktureinrichtungen (Krankenhaus, Feuerwehr etc.) nach dem jeweiligen Schadenspotenzial klassifiziert. Dazu werden die Gebäudeobjekte in 4 verschiedene Kategorien eingeordnet (vgl. Kap. 1.2). In Tab. 3-2 ist die Verteilung der Gebäude auf die einzelnen Schadenspotentiale aufgezeigt. Dabei zeigt sich, dass nur ein kleiner Teil der Objekte (3,8 %) ein hohes Schadenspotenzial aufweist. Der überwiegende Teil der Gebäude dient der Nutzung als Wohngebäude und ist mit einem mittleren Schadenspotential gekennzeichnet.

Tab. 3-2: Anzahl der Gebäudeobjekte nach Schadenspotenzial

Symbol in den Karten	Schadenspot. Nr.	Schadenspot.	Anzahl Gebäude	Anteil [%]
	0	sehr gering	4798	14,6
	1	gering	11556	35,1
	2	mittel	15334	46,5
	3	hoch	1266	3,8

3.3. Risikoermittlung und Risikobewertung

Um das Überflutungsrisiko eines Gebietes zu ermitteln und zu bewerten, wird die lokale Gefährdungssituation bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit mit der Verletzbarkeit (Vulnerabilität) oder dem Schadenspotenzial kombiniert (Abb. 3-1). Die Bewertung von Überflutungsrisiko als Kombination von Gefährdung und Schadenspotenzial dient der Abschätzung des Risikos.

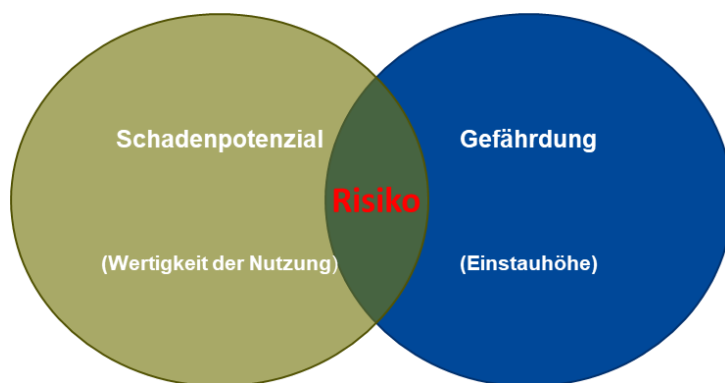


Abb. 3-1: Überflutungsrisiko als Kombination von Gefährdung und Schadenspotenzial

Für die Ermittlung des Überflutungsrisikos wurden die Klassifizierung des Schadenspotenzials (Wertigkeiten der Nutzung mit 4 Klassen) und die Gefährdung der Objekte (Einstauhöhe der Gebäude mit 4 Klassen) miteinander verschnitten. Eine Übersicht, wie sich die Gebäude hinsichtlich ihrer Gefährdung relativ verteilen zeigt Abb. 3-2. Grundsätzlich weist knapp ein Drittel der Gebäude einen Wasserstand von mindestens 10 cm auf. Insbesondere im Szenario 3 ist eine deutliche Zunahme in den höheren Gefährdungsklassen zu beobachten.

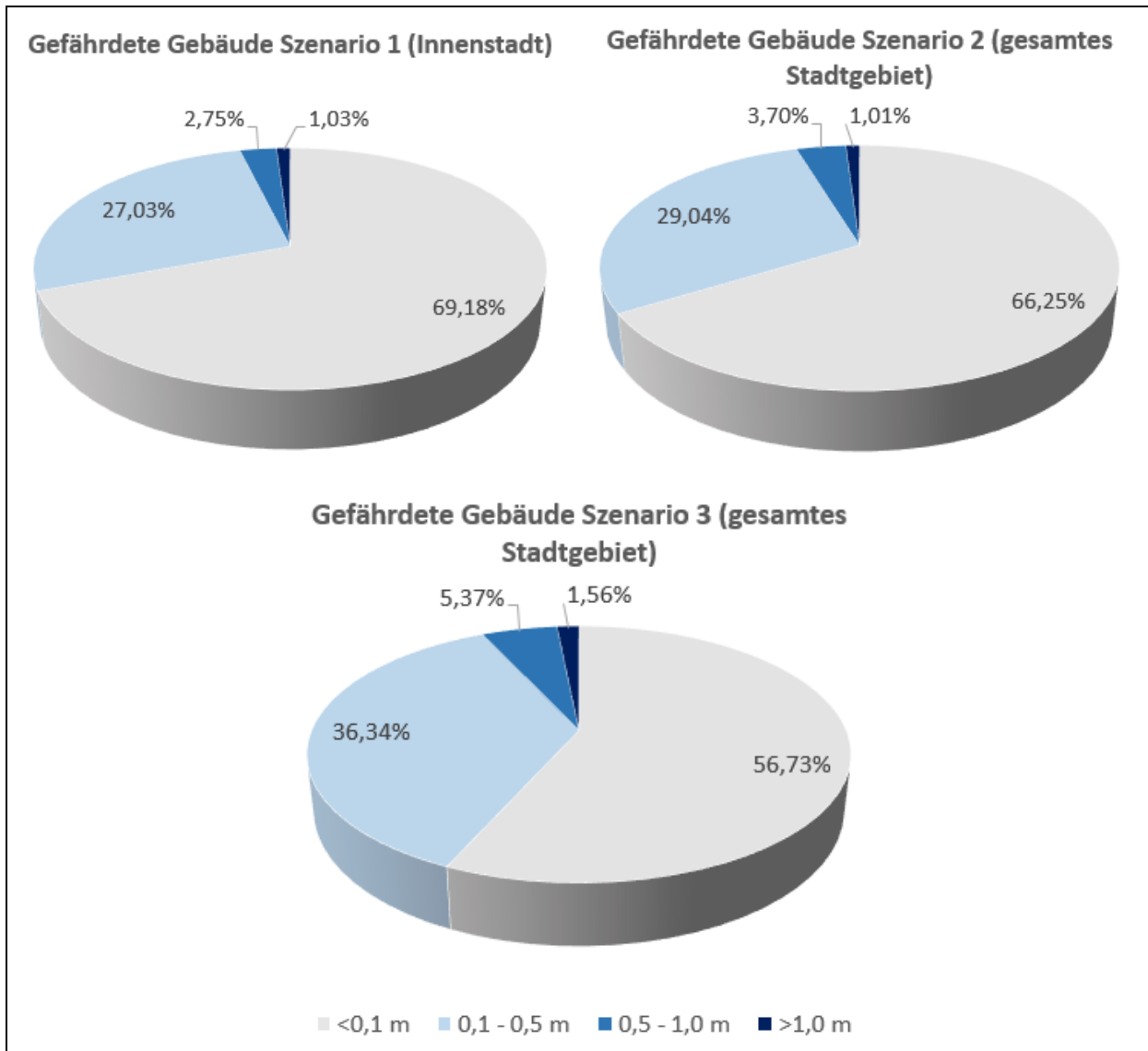


Abb. 3-2: Gefährdete Gebäude nach Einstautiefe und Szenario

Die absoluten Werte in Tab. 3-3 zeigen, dass zudem eine deutliche Verschärfung im Extremereignis (Szenario 3) auftritt. Es ist zu beachten, dass die absolute Zahl der Gebäude in Szenario 1 geringer ausfällt, da dieses Szenario gekoppelt nur im Innenstadtbereich von Ibbenbüren gerechnet wurde.

Tab. 3-3: Verteilung des Risikos in den unterschiedlichen Szenarien

Anzahl betroffener Objekte im Stadtgebiet				
Schadenspotenzial	Einstauklasse [m]	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
0 sehr gering	<0,1	1457	3414	2991
	0,1 - 0,5	458	1233	1548
	0,5 - 1,0	32	131	225
	>1,0	3	20	34
1 gering	<0,1	3392	7845	6740
	0,1 - 0,5	1249	3271	4113
	0,5 - 1,0	99	356	567
	>1,0	33	84	136
2 mittel	<0,1	4997	9961	8501
	0,1 - 0,5	2061	4533	5666
	0,5 - 1,0	229	642	864
	>1,0	102	198	303
3 hoch	<0,1	303	611	463
	0,1 - 0,5	198	534	648
	0,5 - 1,0	44	89	114
	>1,0	13	32	41
Gebäude gesamt		14670	32954	32954

Die Bewertungskriterien für das Risiko umfassen unterschiedliche Punkte:

- Wo ist das Überflutungsrisiko am höchsten (höchste Überflutungsgefahr und / oder höchstes Schadenspotenzial)? Wo bestehen Gefahren für die menschliche Gesundheit?
- Wo gibt es kritische Objekte (Kindergärten, Krankenhäuser etc.), die im Falle eines Starkregenereignisses überflutet werden könnten? Wie gut sind diese bisher vor Überflutungen geschützt?
- Welche Einrichtungen bedürfen spezieller Hilfe, z. B. bei Evakuierungen?
- Welche Infrastruktur- und Versorgungsobjekte sind (lebens-) notwendig und dürfen nicht ausfallen (z. B. Krankenhäuser oder die Einsatzzentralen von Polizei und Feuerwehr)?
- Wo sind besonders sensible Infrastrukturanlagen betroffen?
- Wo sind Schäden infolge Feststoff- und Gerölltransport zu erwarten?
- Welche möglichen Zugangs- und Rettungswege bestehen für Einsatzkräfte bei den verschiedenen Szenarien?

Eine detaillierte Kategorisierung bzw. Priorisierung des Risikos (z. B. in gering, mittel, hoch) für bestimmte Überflutungstiefen wird in der Arbeitshilfe nicht explizit vorgegeben. Daher wird das Risiko für die auf den Starkregengefahrenkarten eingezeichneten kritischen Objekte, Bereiche und Infrastruktureinrichtungen im Sinne einer Ersteinschätzung vorgenommen und entsprechend den lokalen Gegebenheiten priorisiert (z. B. öffentliche Objekte mit hohem Risiko) und eine spätere detaillierte Prüfung im Bedarfsfall veranlasst. Dazu wurden die in der Arbeitshilfe angegebenen "Risikochecklisten", für die von Überflutungen besonders betroffenen Risikoobjekte erstellt. Die Dokumentation der 328 öffentlichen Gebäude mit besonderer Gefährdung erfolgt anhand der Risikochecklisten unter Angabe der Daten zum Objekt und der Betroffenheit bei Starkregen und ggf. auch bei Flusshochwasser auf Basis der HW-Gefahrenkarten (s. Anlage 3). In den Risikochecklisten sind in einem späteren Schritt bereits Handlungserfordernisse und ggf. erste Maßnahmenoptionen zu formulieren. Dabei sind sukzessive Aussagen zu folgenden Aspekten gesondert vorzunehmen:

- Charakterisierung der Überflutungsgefährdung inkl. Nennung der zu erwartenden Szenarien bezogenen Überflutungstiefe und Fließgeschwindigkeit
- Charakterisierung des Schadenspotenzials (Art und Ausmaß)
- Bilddokumentation
- Risikoeinschätzung
- Einschätzung zur Notwendigkeit von Vorsorgemaßnahmen
- Eine Zusammenstellung der Einzelbeschreibungen von Objekten und Bereichen, die entsprechend der Priorisierung (hoch, mittel, gering) sortiert sind

Die Risikoanalyse liefert die planerischen Grundlagen, um anschließend in einem kommunalen Handlungskonzept organisatorische, technische und / oder bauliche Maßnahmen definieren und in ihrer Wirksamkeit überprüfen zu können.

Die Rolle der Kommunen im Prozess der Risikoanalyse umfasst vor allem zwei Bereiche:

1. Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben (Vorsorgepflicht gegenüber den Bürgern, Gefahrenabwehr): Überflutungsanalyse für das Gemeindegebiet, Information der Bevölkerung über Starkregengefährdung
2. Risikoanalyse für öffentliche Objekte, Bereiche und Infrastruktur

Für einen kleineren Teil der gefährdeten Objekte sind Kommunen in ihrer Funktion als Betreiber abschließend für die Bewertung sowie die darauffolgenden Maßnahmen zuständig.

Bei einem Großteil der Objekte in einer Kommune handelt es sich um private und gewerblich genutzte Objekte. Hier sind die Eigentümer oder Betreiber im Sinne der Eigenvorsorge für die Bewertung und die folgenden Maßnahmen zuständig, d. h. jeder Eigentümer bzw. Betreiber muss selbst entscheiden, welches Risiko besteht und eingegangen werden kann. Eine exakte Einschätzung des Risikos ist auch deshalb nicht möglich, da selbst bei korrekter Angabe der Nutzung im Sinne der ALKIS-Daten keine weitere Binnendifferenzierung möglich ist. Beispiel: Ist ein Fabrikgebäude korrekt als Fabrikgebäude erfasst, lassen sich trotzdem nicht alle Aspekte des Schadenspotenzials daraus ableiten. Es ist etwa nicht erkennbar, ob sich in dem Gebäude Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV-Anlagen) befinden (Schadenspotenzial: Schäden an Gewässern) oder ob es Maschinen gibt, die bei einem Wasserschaden lange ausfallen (Schadenspotenzial: monetäre Schäden durch Verdienstaussfall). Auch aus Datenschutzgründen kann eine Risikoanalyse für den privaten und gewerblichen Bereich von der Kommune nicht ohne weiteres durchgeführt werden. Die Starkregengefahrenkarten liefern jedoch die erforderlichen Grundlageninformationen, um die potenzielle Überflutungsgefährdung bei Starkregen einschätzen und entsprechende organisatorische sowie technische und ggf. administrative Maßnahmen ableiten zu können.

4. Handlungskonzept

Die in den vorherigen Kapiteln erläuterten Starkregengefahrenkarten und die darauf basierende Risikoanalyse stellen die Grundlage zur Erstellung eines eigenen kommunalen Handlungskonzepts zur Vermeidung oder Minderung von Schäden infolge von Starkregen dar.

Dieser Prozess ist eine kommunale Gemeinschaftsaufgabe und wird zentral von der Stadt unter Einbeziehung aller maßgebenden kommunalen Akteure gesteuert. Ziel ist es, durch die Informationsvorsorge die privaten und gewerblichen Akteure in die Lage zu versetzen, ihr individuelles Risiko einschätzen zu können und geeignete Maßnahmen auf Grundlage des Handlungskonzepts ableiten zu können. Die Vorsorgemöglichkeiten zum Starkregenrisikomanagement setzen sich dabei aus unterschiedlichen Bausteinen zusammen. (Abb. 4-2)

Dabei sind mögliche Zielkonflikte zwischen Starkregenrisikovorsorge und anderen kommunalen Themenfeldern wie z. B. Straßenplanung und Stadtplanung aufzuzeigen.



Abb. 4-1: Vorsorgemöglichkeiten zum Starkregenrisikomanagement

In der hier vorliegenden Dokumentation wird lediglich die Grundlage für das städtische Handlungskonzept anhand der Aspekte Informationsvorsorge, kommunale Flächenvorsorge und Krisenmanagement gelegt. Die weitergehende Ausarbeitung des Konzepts bleibt gesonderten stadtinternen Abstimmungsprozessen vorbehalten, die nach Fertigstellung des Berichts sukzessive erfolgen.

4.1. Informationsvorsorge

Die Stadt Ibbenbüren übernimmt die Informationsvorsorge gegenüber den verschiedenen Zielgruppen. Die Ergebnisse des Projekts werden in Fachgremien der städtischen Verwaltung vorgestellt. Die Ergebnisse werden im internen Geoportal der Stadt den verschiedenen Fachbereichen zugänglich gemacht. Nach Abschluss des Projektes können die Starkregengefahrenkarten gegebenenfalls allen Bürgern sowie weiteren Akteuren im Internet öffentlich zugänglich gemacht werden. Zusätzlich können Anfragen der Bürger zum Thema „Starkregen – Wie schütze ich mich?“ bei der Verbraucherzentrale NRW gestellt werden.

4.2. Kommunale Flächenvorsorge

Die in diesem Konzept angesprochene kommunale Flächenvorsorge dient gezielten Maßnahmen zur Wasserrückhaltung in der Fläche oder Ableitung über vorhandene Fließwege.

Dabei sind in erster Linie die topografischen Gegebenheiten (wie z. B. Mulden etc.) zu berücksichtigen. Die Analyse und Bewertung erfolgt anhand der nachfolgend genannten Aspekte:

- Topografie (Muldenlagen)
- Lage und Verlauf aktueller und früherer Gewässer- und Grabenläufe
- Überflutungsrisikogefährdungen und Risikobereiche (HW-Gefahren / Risikokarten)
- Zentraler und dezentraler Regenwasserrückhalt / Retentionsflächen
- Multifunktionale Flächennutzung
- Grundstücks-, Straßen- und Gebäudehöhen

4.2.1. Muldenlagen

Anhand der topographischen Analyse von Muldenlagen konnten vier zentrale Kategorien (von gefährdetem Bereich bis hin zu potenziellem Retentionsstandort) in der Fläche ermittelt werden. Muldenlagen bedürfen bei Umbau- oder Neubaumaßnahmen im Stadtgebiet einer dringenden Beachtung, da durch eine fehlende Vorflut teilweise erhebliche Einstautiefen auftreten können.

Anhand der folgenden Kriterien wurden 869 Geländemulden (Volumen > 150 m³, Mindestfläche 300 m² und Mindesttiefe von 50 cm) im Stadtgebiet ermittelt. Durch die parallele Analyse der Fließwege ($A_{EO} < 1$ ha) ergeben sich 401 Mulden mit kleinem Fließweg und 468 Mulden an ausgeprägten Fließwegen ($A_{EO} > 1$ ha). Durch die Lage der Mulden abseits oder direkt angrenzender Bebauung ergibt sich das potenzielle Gefährdungspotenzial.

Dabei wurden Geländemulden nach folgenden Kriterien unterschieden:



Kategorie 1: Mulden mit signifikantem Fließweg und angrenzender Bebauung



Kategorie 2: Mulden mit signifikantem Fließweg ohne angrenzende Bebauung



Kategorie 3: Mulde mit kleinem Fließweg und angrenzender Bebauung



Kategorie 4: Mulde mit kleinem Fließweg ohne angrenzende Bebauung

Kategorie 1: Sofern sich eine abflusslose Geländemulde, die sich bei Starkregen naturgemäß füllt, in unmittelbarer Nähe zur angrenzenden Bebauung befindet, stellt die Mulde bzw. das Überlaufen der Mulde einen potenziellen Gefährdungsbereich dar (unmittelbareres Gefährdungspotenzial).

Kategorie 3: Sofern die Mulde (trotz angrenzender Bebauung) über einen Notwasserweg verfügt, kann unter Berücksichtigung der Unterlieger durch die gezielte Ableitung des Wassers durch den Notwasserweg die Bebauung vor Einstau geschützt werden.

Kategorie 2 + 4: Dagegen sind abflusslose Mulden abseits der Bebauung als potenzielle Retentionsstandorte geeignet. Sofern die Mulden abseits der Bebauung auch über einen Notwasserweg verfügen, kann dieser je nach Retentionsvermögen der Mulde entsprechend angepasst werden.

Die Lage einer großflächigen Mulde mit angrenzender Bebauung ist in *Abb. 4-2* beispielhaft dargestellt. Die Mulde befindet sich im Bereich des Gretelweg in Laggenbeck und grenzt direkt an die Bebauung an. Es sind oberflächige Fließwege mit einem Einzugsgebiet von 100 ha vom Osten her erkennbar, die dem Gebiet zufließen und sich in der Geländemulde sammeln. Erst wenn die Mulde vollständig gefüllt ist, kann das Wasser oberflächlich weiter abfließen. Bei entsprechend hohen Zuflussmengen wird das Volumen der Mulde komplett ausgenutzt und angrenzenden Gebäude entsprechend eingestaut.

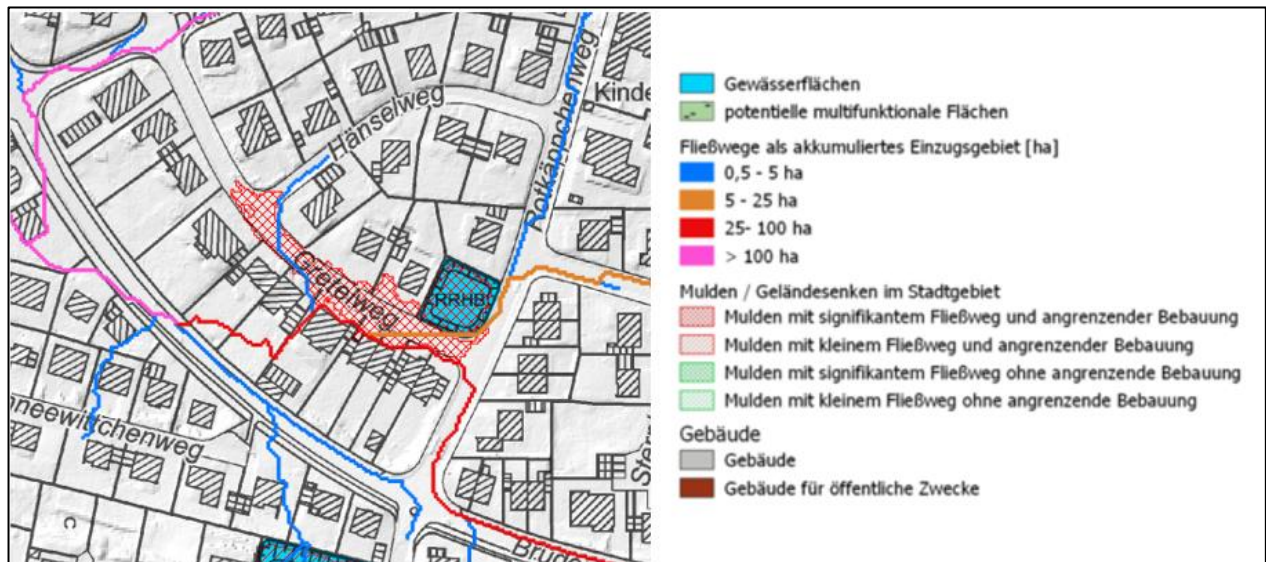


Abb. 4-2: Abbildung einer großflächigen Geländemulde mit Gefahrenpotential

Demgegenüber zeigt *Abb. 4-3* eine Mulde ohne angrenzende Bebauung. Nördlich der Alstedder Straße staut sich Wasser im Starkregenfall am Straßendamm auf. Durch die Füllung der Mulde entsteht keine Gefährdung für angrenzende Bebauung. Diese Bereiche wirken als natürlicher Rückhalteraum und können aktiv zum Wasserrückhalt genutzt werden.

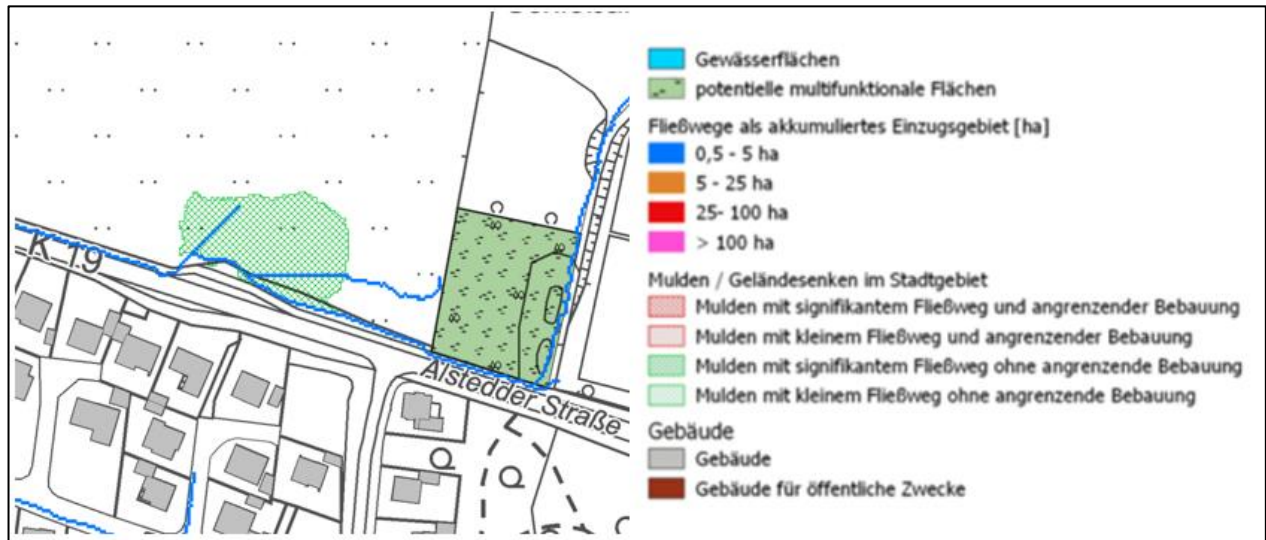


Abb. 4-3: Abbildung einer Mulde abseits der Bebauung

Neben der Betrachtung der Muldenlagen wurden potenzielle multifunktionelle Flächen ermittelt. Dazu wurden auf Basis der städtischen Nutzungen Grünfläche, Grünanlage, Park, Spielplatz und Bolzplatz stadtweit als geeignete Standorte ausgewählt. Nach der Vorauswahl der städtischen Flächen wurden diese in einem nächsten Schritt hinsichtlich ihrer Eignung als Retentionsraum für Starkregenabflüsse gesondert bewertet.

Zur Beurteilung und Einstufung der hydraulischen Flächeneignung sind zwei maßgebende Kriterien einzubeziehen. Dies betrifft die Größe der Fläche bzw. des Flurstücks, sowie die Zuflussmenge aus Oberflächenabfluss. Je größer die Fläche in Relation zur Zuflussmenge bzw. zum Zufluss liefernden Einzugsgebiet ist, umso wirksamer kann sie zur Überflutungsvorsorge beitragen. Eine erste grobe Einschätzung kann über das Verhältnis der Einzugsgebietsfläche A_{EO} zur Retentionsgrundfläche A_{MUR} erfolgen. Die Einzugsgebietsfläche wird über eine Fließwegeanalyse bestimmt. Zur Abschätzung der „hydraulischen Wirksamkeit“ bzw. der Kapazität einer Fläche, um Wasser temporär schadfrei zurückzuhalten, wurden die in [5] ausgewiesenen Kennzahlen herangezogen, die von typischen Regenbelastungen, Abflussbeiwerten und moderaten Einstautiefen ausgehen.

Tab. 4-1: Kennzahlen zur Einschätzung der hydraulischen Wirksamkeit multifunktionaler Flächen

	A_{EO}/A_{MUR}	A_{EO}/A_{MUR}	A_{EO}/A_{MUR}
Flächenverhältnis	< 30	30 - 60	> 60
Hydraulische Effektivität	hoch	mittel	gering

Eine mögliche multifunktionale Fläche zeigt sich in Abb. 4-4. Die Fläche zwischen Bertastraße und Gerdastraße ist als Freizeit-, Sport- und Erholungsfläche ausgewiesen. Mit einer Fläche von ca. 6.350 m² und einem Einzugsgebiet von 25 ha weist die Grünfläche einen Quotienten von 39 auf und hat eine mittlere hydraulische Effektivität.

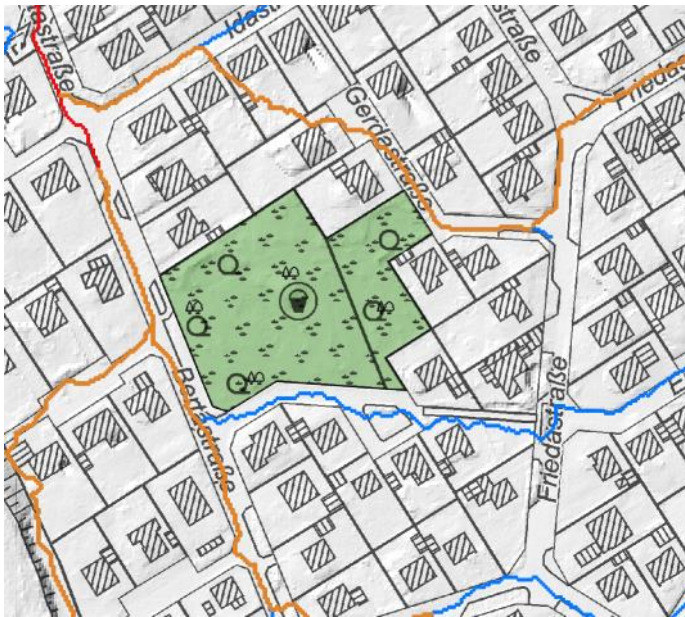


Abb. 4-4: Möglicher Standort einer multifunktionalen Fläche

Die Ausweisung von potenziellen multifunktionalen Flächen wurde für Flächen mit mittlerer bis hoher Effektivität ($A_{\text{eff}}/A_{\text{mur}} < 60$) vorgenommen. Dabei ergaben sich im Stadtgebiet 88 potenzielle Standorte für multifunktionale Flächen. Diese Bereiche sind in dem Kartensatz „Handlungskonzept Flächenvorsorge“ dargestellt. In weiteren Stufen sind diese Areale auf ihre Flächenverfügbarkeit und technische Umsetzbarkeit gesondert zu prüfen.

4.3. Krisenmanagement

Das Krisenmanagement dient der Abwendung bzw. Verminderung von Gefahren für Leib und Leben, dem Umweltschutz, dem Schutz von Sachwerten und der infrastrukturellen Versorgung der Bevölkerung. Hierzu gehören die Themen Vorsorge, Vorbereitung, Bewältigung und Nachbereitung.

Für den gezielten Einsatz von Hilfskräften (Feuerwehr, THW, etc.) sind bei Starkregen unter Umständen die bereits vorhandenen Alarm-/ und Einsatzpläne geringfügig zu ergänzen. Daher wurden für den Themenbereich Verklauung von Durchlässen, Anfahrbarekeit von Einsatzpunkten und Erosion von landwirtschaftlichen Flächen gesonderte Karten erstellt.

4.3.1. Verklausung von Durchlässen

Dabei ist neben den gesicherten Meldewegen und definierten Warnschwellen eine Liste der im Vorfeld bekannten neuralgischen Hotspots sinnvoll. Zur Ermittlung dieser Hotspots wurden neben den Mulden und gefährdeten Objekten auch die möglichen Einsatzpunkte an Gewässerdurchlässen mit erhöhtem Gefahrenpotenzial erarbeitet. Es wurde unter Berücksichtigung des potenziellen Stauvolumens vor den Durchlässen in Abhängigkeit der Bebauungssituation die unmittelbare Gefährdung abgeschätzt. Hierbei wurden zwei Klassen unterschieden:



Kategorie 1: Stauvolumen mit angrenzender Bebauung



Kategorie 2: Stauvolumen abseits von Bebauung

Kategorie 1: Großes Stauvolumen ($> 100 \text{ m}^3$) vor dem Durchlass mit angrenzender Bebauung signalisiert ein erhöhtes unmittelbares Gefährdungspotenzial bei Verklausung des Durchlasses. Hier ist zu prüfen, ob die Freihaltung des Durchlasses durch Rechenanlagen oder turnusmäßige betriebliche Wartung dauerhaft sichergestellt werden kann. Im gesamten Stadtgebiet konnten 32 Durchlässe in diese Kategorie eingestuft werden.

Kategorie 2: Großes Stauvolumen ($> 100 \text{ m}^3$) vor dem Durchlass abseits von Bebauung signalisiert einen potenziellen Retentionsstandort. Hier ist zu prüfen, ob der Standort durch bauliche Maßnahmen für weitergehende Retention genutzt werden kann. Die Eignung des Standortes ist dabei eingehend jenseits von rein wasserwirtschaftlichen Aspekten (wie z. B. Standsicherheitsuntersuchungen) zu prüfen, da ein verlegter Durchlass bei erhöhtem Wasserstand ein erhebliches Risiko bzgl. eines möglichen Dammbbruchs birgt. 198 Durchlässe dieser Kategorie konnten im Stadtgebiet identifiziert werden.

Die Lage der Durchlässe mit großem Stauvolumen ist in den Fachkarten Nr.8 dargestellt. Abb. 4-5 zeigt beispielhaft zwei Ausschnitte aus den Fachkarten.

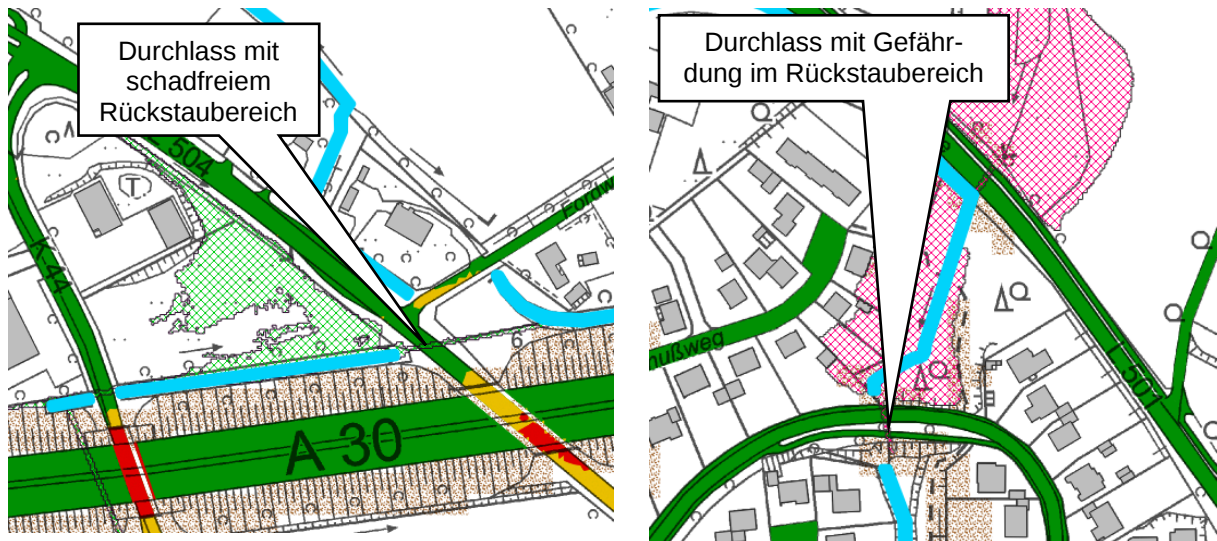


Abb. 4-5: Darstellung des Rückstaubereichs vor Durchlässen

4.3.2. Einstau von Verkehrswegen

Für den schnellen zielgerichteten Einsatz von Hilfskräften (THW, Feuerwehr etc.) ist die Anfahrbarkeit der Einsatzpunkte in Einsatzfall von großer Bedeutung. Um die möglichen Behinderungen an Straßentiefpunkten / Unterführungen zu lokalisieren, wurden die Einstautiefen der Hauptverbindungswege (Straße, Verkehrsflächen, Wege, Parkplätze) während und nach dem Starkregenereignis ausgewertet. Als noch durchfahrbare Wassertiefe für Einsatzfahrzeuge wurde als Schwellenwert eine Tiefe von 0,5 m gewählt (für PKW gilt im Allgemeinen ein Schwellenwert von 0,3 m). Neben der Erreichbarkeit für Einsatzfahrzeuge ermöglichen die Fachkarten eine Beurteilung, welche Abschnitte im Starkregenfall für den öffentlichen Verkehr gesperrt werden sollten.

Fällt der Einstau nach dem Ereignis wieder unter einen Wert von 50 cm, kann von einem temporären Einstau ausgegangen werden. Bleibt der Einstau von über 50 cm auch nach dem Ende des simulierten Ereignisses bestehen, ist von einem dauerhaften Einstau auszugehen. Die ermittelten Einstaupunkte an den Verbindungsstrecken sind in dem Kartensatz „Handlungskonzept Krisenmanagement“ dargestellt und dienen den Hilfskräften zur Orientierung im Einsatzfall. Die Analyse wurde für den Lastfall Szenario 3 (90 mm Blockregen) durchgeführt.

Eine beispielhafte Darstellung der Anfahrwege bei Einsatz ist nachfolgend abgebildet. Der Kartenausschnitt zeigt die Osnabrücker Straße im Bereich der Bahnunterführung. Im Starkregenfall wird der Bereich mit Wasser geflutet und ist auch für Einsatzfahrzeuge dauerhaft nicht passierbar. Weiterhin erkennbar ist ein temporärer Einstau von über 50 cm in Bahnhofstraße und Brunnenstraße weiter südlich, der aus der abfließenden Welle resultiert.



Abb. 4-6: Darstellung Einstausituation der Verbindungstraßen / Anfahrwege

4.3.3. Erosion von landwirtschaftlichen Flächen

Zur Lokalisierung von erosionsgefährdeten Flächen wurde anhand von Kennzahlen des Geologischen Dienstes NRW eine überschlägige Einschätzung zur Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen nach Landeserosionsschutzverordnung (LESchV) erstellt. Dabei werden auf Basis von Hangneigung und Erodierbarkeit des Oberbodens drei Klassen unterschieden (gering, mittel und hohe Erosivität). Für die Beurteilung besonders gefährdeter Bereiche wurden daher auf Basis der vorliegenden Karten (nach LESchV) nur die Flächen mit hoher Erosivität ausgewertet und in den Karten als ergänzende Information dargestellt. Aufgrund der flachen Topografie ist für den Großteil der Flächen keine hohe Erosionsgefahr anhand Hangneigung und Erodierbarkeit des Oberbodens ausgewiesen. Gefährdete Bereiche beschränken sich überwiegend auf Böschungsbereiche.

Die Analyse nach der LESchV beinhaltet keinen Faktor zur Bewuchssituation. Starker Bewuchs kann die tatsächliche Erosionsgefahr auf landwirtschaftlichen Flächen erheblich verringern. Dabei spielen die Untersaat und die Ausrichtung der Ackerfurchen eine maßgebliche Rolle. Allerdings kann der Einfluss von Bewuchs jahreszeitlich sehr stark schwanken. Zum einen spielt die Vegetationsperiode eine Rolle auf die Schutzwirkung des Oberbodens. Zum anderen kann sich die Bewuchssituation auf einer Fläche sehr kurzfristig ändern, z. B. durch Ernte auf Agrarflächen, Holzeinschlag oder Sturmschäden auf Forstflächen.

4.4. Konzeption kommunaler baulicher Maßnahmen

Die Konzeption kommunaler baulicher Maßnahmen umfasst Vorsorge-, Schutz- und Unterhaltungsmaßnahmen auf kommunalen Flächen.

Die wesentlichen Aspekte beinhalten folgende Ansätze:

1. Rückhaltung von Außengebietswasser
2. Freihaltung bevorzugter Fließwege des Oberflächenabflusses in der Siedlungsfläche
3. Rückhaltung von Oberflächenwasser im Siedlungsgebiet / Rückhaltung in der Fläche im Außenbereich
4. Nutzung multifunktionaler Flächen
5. Gezielte Ableitung unvermeidbarer Oberflächenwasser zu schadarmen / schadfreien Flächen
6. Geordnete schadarme Zwischenspeicherung unvermeidbarer Oberflächenwasser im Straßenraum
7. Geordnete schadarme Ableitung unvermeidbarer Oberflächenwasser in Gewässer und Entlastungsgräben
8. Besonderer Schutz von Risikobereichen (Gefahr für Menschenleben) und Objekten mit kritischer Infrastruktur

Im Handlungskonzept der Stadt Ibbenbüren ist der Einsatz aller o. g. Maßnahmen prinzipiell möglich, wobei insbesondere zwischen inner- und außerstädtischen Maßnahmen unterschieden werden kann und die topographischen Gegebenheiten beachtet werden sollten.

Ein Großteil der städtischen Siedlungsgebiete ist geprägt durch die Hanglagen an den Ausläufern des Teutoburger Waldes und des Schafbergs. An diesen Hanglagen können im Starkregenfall innerhalb kürzester Zeit hohe Abflüsse auftreten, die als Sturzfluten konzentriert in tieferliegende Gebiete abfließen. Dabei sind kleinere Gewässer und Gräben innerhalb kürzester Zeit hydraulisch überlastet, sodass die Profile die Wassermassen nicht mehr aufnehmen können. In der Folge tritt Wasser über die Ufer, kann unkontrolliert abseits der natürlichen oder geplanten Wasserführung abfließen und in Siedlungsbereiche gelangen. Im innerstädtischen Bereich gelangt durch den hohen Versiegelungsgrad zusätzlicher Niederschlag effektiv zum Abfluss. In Siedlungsbereichen geht durch die erhöhte Neigung eine Gefahr von hohen Fließgeschwindigkeiten aus. Auf dem Weg in tieferere Gebiete können diese Abflüsse bereits erhebliche Schäden verursachen. In tieferliegenden Gebieten geht eine erhöhte Gefahr von abflusslosen Geländesenken aus. In diesen kann sich das von den Hängen abfließende Wasser sammeln und zu großflächigen Überflutungen führen.

Der Umgang mit dem ermittelten Risiko ist bei Privateigentümern im Rahmen der Eigenvorsorge (Versicherung, Rückstauklappen oder sonstige bauliche Maßnahmen) zu erbringen. Bei den öffentlichen Gebäuden ist das Risiko von Seiten der Stadt zu bewerten und unter den verschiedenen Aspekten (Straße, Hygieneaspekte, Barrierefreiheit etc.) abzuwägen.

4.5. Messnetzkonzept

Im Rahmen des Handlungskonzeptes wurde von der Stadt Ibbenbüren die Erstellung und fachliche Beurteilung eines Messnetzkonzeptes beauftragt. Das Messnetzkonzept soll aufzeigen, an welchen Stellen sich lokale Niederschlags- und Wasserstandsmessungen eignen. Auf Basis der Starkregengefahrenkarten und in Verbindung mit ggf. vorliegenden Hochwassergefahrenkarten sollen Vorschläge für ein Überwachungsnetz erarbeitet werden.

Die Stadt Ibbenbüren hat zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Starkregenrisikomanagementkonzeptes bereits eigene Niederschlagsmessstationen im gesamten Stadtgebiet installiert. Zudem wurde die Überwachung von Wasserständen an der Ibbenbürener Aa mittels Ultraschallmessungen angestoßen.

4.5.1. Niederschlagsmessungen

Die Stadt Ibbenbüren betreibt eine Reihe eigener Niederschlagsmessstationen, die über das gesamte Stadtgebiet verteilt sind. Zudem befindet sich ein Regenmesser des LANUV im Stadtteil Laggenbeck (Abb. 4-7):

- Regenmesser „Glogauer Straße“
- Wetterstation „Schulgelände Kepler Gymnasium / Gesamtschule“
- Wetterstation „Feuer- und Rettungswache“
- Regenmesser „Kläranlage“
- Regenmesser „Bertastraße“
- Regenmesser „Strootbachweg“
- Laggenbeck Mettinger Straße 187 (LANUV)

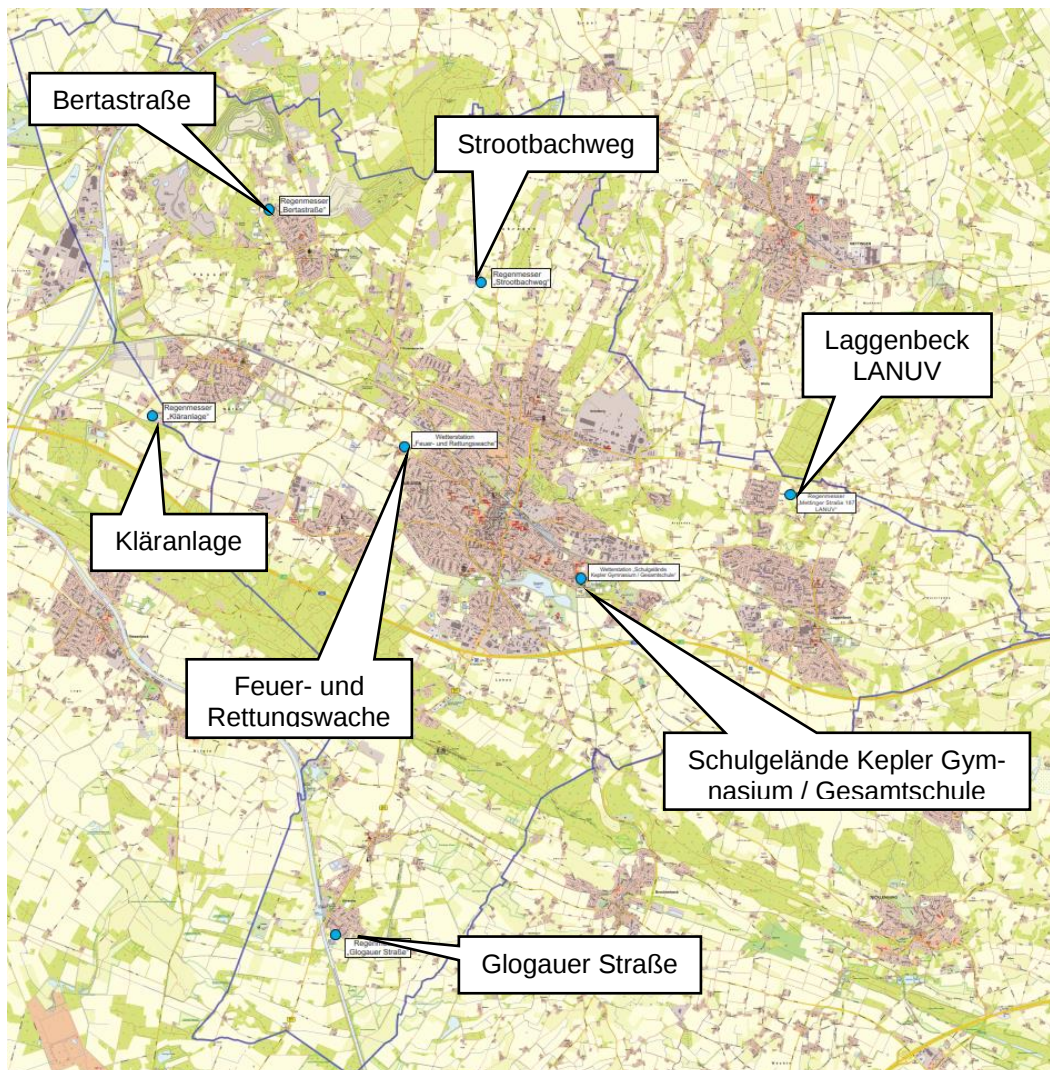


Abb. 4-7: Übersicht der Niederschlagsmessstationen im Stadtgebiet

Die Niederschlagsmessstationen decken weite Teile Ibbenbürens ab und sind in allen Stadtteilen vorhanden. Sie bieten eine umfangreiche Grundlage, um im Starkregenfall ortsbezogene Informationen zu den Niederschlagsmengen zu erhalten. Im Nachgang können die Starkregenereignisse mittels der gemessenen Werte ausgewertet werden. Die Anzahl und Lage der Stationen können aus fachlicher Sicht als umfassend angesehen werden. Bei der Berücksichtigung zur Installation weiterer Messstationen sollten insbesondere der nördliche Innenstadtbereich, sowie der Stadtteil Schierloh betrachtet werden, da in diesen Einzugsgebieten mit erhöhtem Schadenspotential nach Starkregenabflüssen zu rechnen ist.

In Ergänzung zur Nutzung der Wettervorhersagen über die gängigen Kanäle (z. B. DWD) und Berücksichtigung von Warn-Apps (Bsp. DWD Warn-Wetter, NINA Warn-App) mit Push-Funktion, lässt sich durch eine kontinuierliche Überwachung der Niederschläge in Echtzeit im Starkregenfall unmittelbar auf hohe Niederschlagsmengen reagieren.

Zusätzlich zur kurzen Vorwarnzeit von Gewitterzellen erschwert die kleinräumige und lokal eingegrenzte Charakteristik von Starkregenereignissen zusätzlich die Koordinierung von Einsatzkräften im Starkregenfall. Durch die stadtweite Messung von Niederschlägen können die Bereitschaften der Einsatzkräfte im Starkregenfall zielgerichtet auf besonders betroffene Stadtteile koordiniert werden.

Die Daten der Stationen können derzeit online auf verschiedenen Kanälen eingesehen werden. Zur besseren Koordinierung ist es anzustreben die Niederschlagsmessungen aller Messstationen gebündelt in Echtzeit auszuwerten. Hierzu ist zusätzlich die Festlegung von Warnschwellen sinnvoll, die automatisierte Meldungen an Einsatzstellen verschicken, sobald die festgelegten Niederschlagsmengen überschritten werden.

4.5.2. Wasserstandsmessungen

Durch die Messungen von Wasserständen an Gewässern kann frühzeitig abgeschätzt werden, wie sich die Abflüsse im weiteren Gewässerverlauf entwickeln. Für Siedlungsgebiete in Gewässernähe lässt sich so die Gefahr möglicher Überflutungen aufzeigen. Die Informationen lassen sich nutzen, um mobile Hochwasserschutzeinrichtungen zu aktivieren, Evakuierungen einzuleiten und die Flutung von Rückhalteräumen gezielt zu steuern. Aufgrund ihrer geringen Länge sind die meisten Gewässer im Stadtgebiet für die Überwachung von Wasserständen weniger geeignet. Im Starkregenfall sind die Vorwarnzeiten hier zu gering, um rechtzeitig handeln zu können. Als Hauptvorfluter kommt der Ibbenbürener Aa im Hochwasserfall hingegen eine besondere Bedeutung zu. Hier bietet sich die Installation von Pegeln und Wasserstandsmessungen aus unterschiedlichen Gesichtspunkten an.

Im Aufbau befindet sich derzeit ein Messnetz zum Gewässermonitoring im Stadtgebiet an der Ibbenbürener Aa. Mittels Ultraschallmessungen an Brücken der Ibbenbürener Aa können Wasserstände ausgewertet werden. Die Daten können zur Frühwarnung genutzt werden. Weiterhin lassen sich anhand der Wasserstände eingestaute Einleitungen des Kanalnetzes frühzeitig erkennen. Die Stadt Ibbenbüren hat im Verlauf des Stadtgebiets potentielle Brücken ermittelt, die sich zur Überwachung mittels Sensoren eignen (Abb. 4-8).

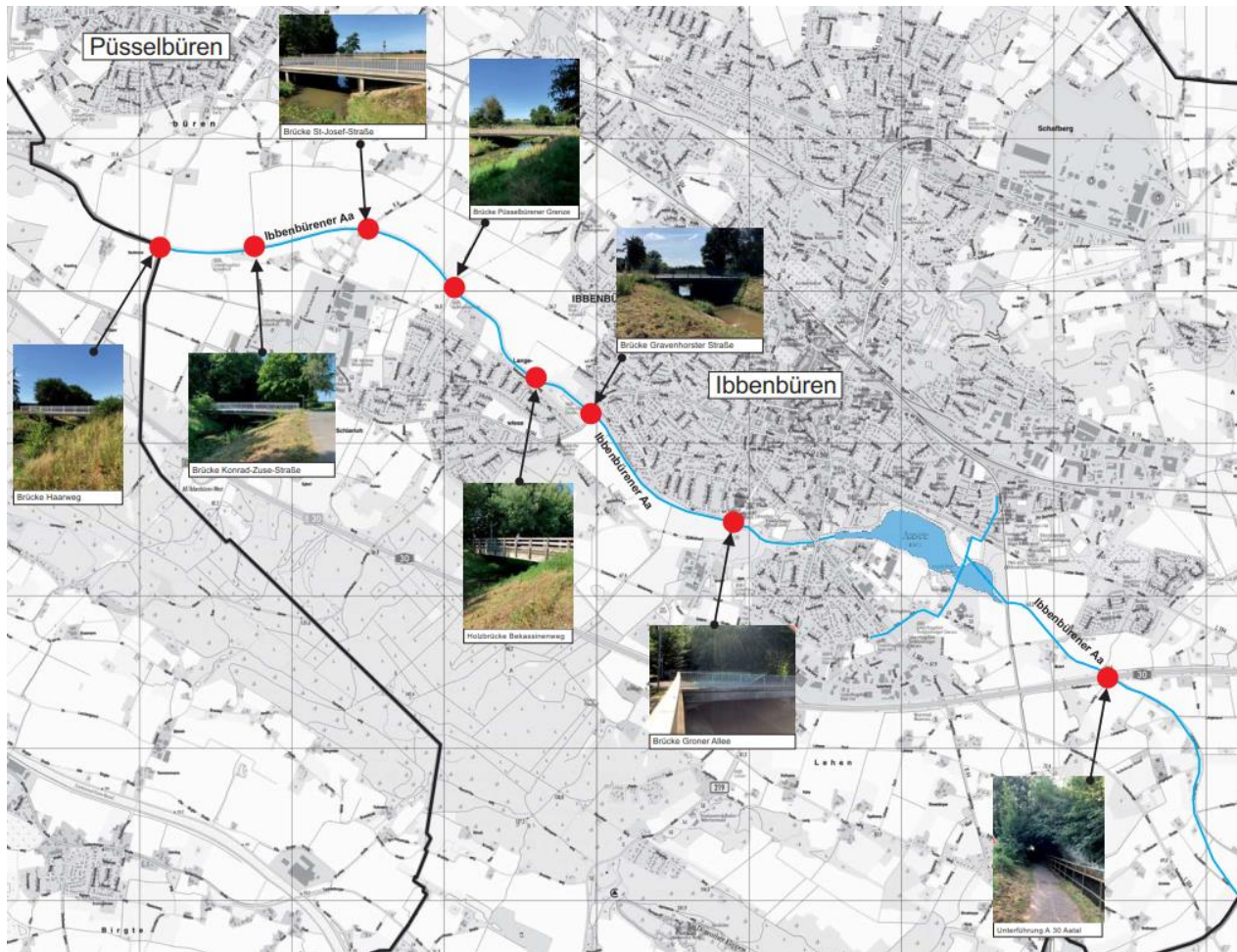


Abb. 4-8: Mögliche Brücken für Überwachung des Wasserstandes mittels LoRaWAN

Die Leistungsfähigkeit des Gewässers wird maßgeblich durch die vorhandenen Brückenbauwerke bestimmt. Um die gemessenen Wasserstandshöhen hinsichtlich einer potentiellen Gefährdung einordnen zu können, wurden die in Abb. 4-9 abgebildeten potentiellen Rückstaubereiche ermittelt, die sich bei Verlegung der Brücken einstellen. Im Falle eines extremen Hochwassers können Brückenverlegungen durch Geröll, Baumstämme oder andere Gegenstände auftreten. Die Rückstaubereiche resultieren aus einer statischen Auswertung und liefern keine Aussage über die hydraulische Leistungsfähigkeit des Brückenprofils. Die Darstellung zeigt auf, wie gefährlich eine Verlegung der jeweiligen Brücken mit ihren Überflutungsfolgen zu beurteilen ist. Dies sollte bei der Überwachung der Wasserstände genutzt werden, um im Extremfall zielgerichtet und prioritär handeln zu können.

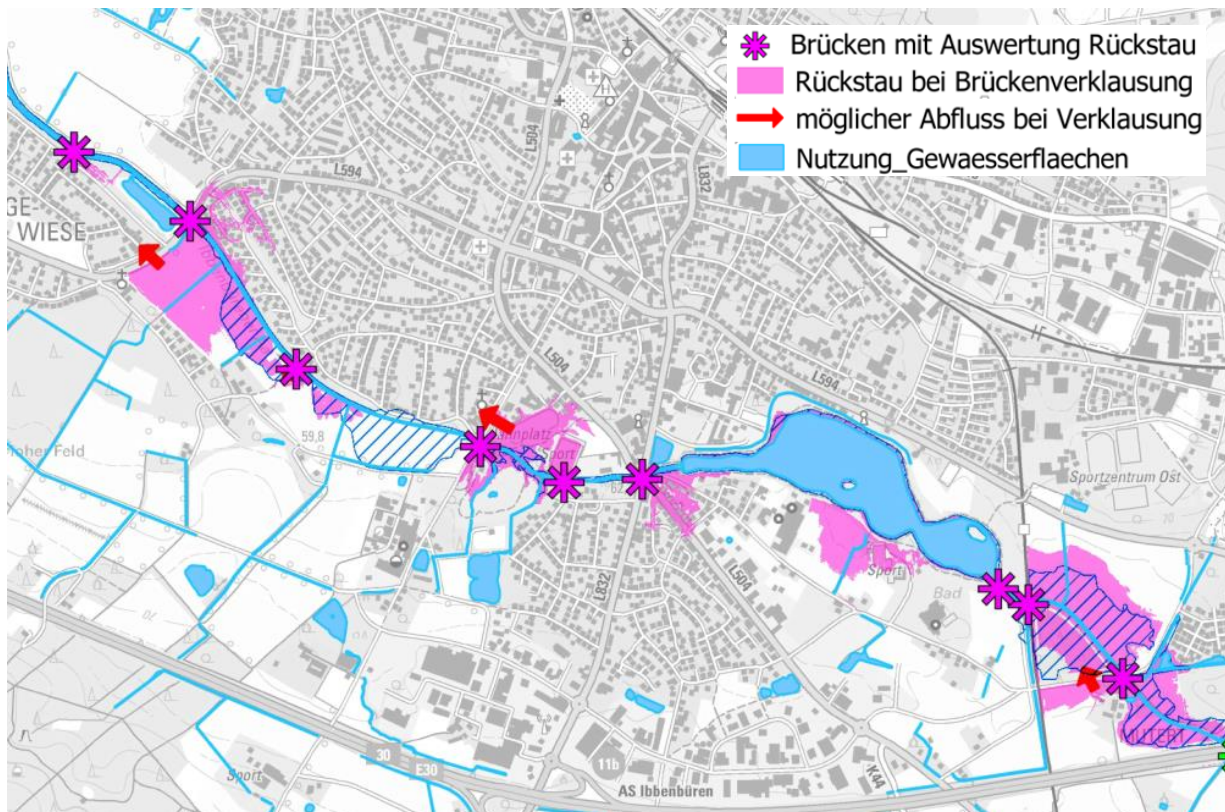


Abb. 4-9: Rückstaubereich der Brücken an der Ibbenbürener Aa

Der LANUV betreibt vor dem Zulauf zum Aasee den Pegel *Lehen II*. Um Hochwasserabflüsse der Ibbenbürener Aa frühzeitig vorhersagen zu können ist die Installation zusätzlicher Messstellen im Oberlauf der Ibbenbürener Aa im angrenzenden Stadtgebiet von Tecklenburg erforderlich. Diese Pegel sind in ihrer Lage so festzulegen, dass die Gewässer möglichst spät ausufern und die Messungen nicht durch Rückstau beeinflusst sind. Für das Aaseewehr ist bereits eine Automatisierung erfolgt. Im Hochwasserfall kann somit frühzeitig Rückhalteraum im Aasee geschaffen werden und die Hochwasserspitze im Unterlauf abgesenkt werden. Für die gezielte Steuerung ist die frühzeitige Vorhersage von Hochwasserspitzen erforderlich. Für weitergehende Untersuchungen der Hochwassersituation an der Ibbenbürener Aa sind ein Niederschlags-Abfluss-Modell, sowie detaillierte 1D- oder 2D-gewässerhydraulische Berechnungen hinzuzuziehen.

4.5.3. Überwachung neuralgischer Durchlässe und Verrohrungen

Im vorigen Abschnitt wurde die Überwachung von Wasserständen an kleineren Gewässern wegen der geringen Vorwarnzeiten als weniger geeignet aufgezeigt. An kleineren Gewässern und Gräben geht im Starkregenfall eine zusätzliche Gefahr von Verrohrungen und Durchlässen aus.

Diese können im Starkregenfall durch Gehölz, Geröll und sonstiges Treibgut innerhalb kurzer Zeit verklauten, wodurch sich der hydraulische Durchfluss verringert und es zu Rückstau und Überflutungen angrenzender Siedlungsbereiche kommen kann. Diese Durchlässe und Verrohrungen sollten regelmäßig, sowie vor und während Starkregenereignissen kontrolliert werden. Zur Verringerung des personellen Aufwandes und zielgerichteter Reinigung im Starkregenfall bietet sich eine automatisierte Überwachung neuralgischer Durchlässe und Verrohrungen an.

Welche Durchlässe und Verrohrungen im Starkregenfall durch Verlegungen eine Gefährdung darstellen, kann durch den ermittelten potentiellen Rückstaubereich aus den Fachkarten 8 entnommen werden. Zusätzlich wurden weitere Punkte ermittelt, von denen aus fachlicher Sicht anhand der topographischen Gegebenheiten und angrenzender Siedlungsbereiche mögliche Gefährdungen ausgehen (Anhang 4).

Für ein Monitoring werden zwei unterschiedliche Ansätze empfohlen. Zum einen können die Wasserstände unmittelbar vor den Einlaufstellen mittels Ultraschallsensoren überwacht werden. Mit festgelegten Warnschwellen können im Starkregenfall automatisiert Warnungen ausgegeben werden, um die Durchlässe und Verrohrungen zielgerichtet anzufahren und zu reinigen. Zusätzlich kann durch die Installation von Kameras der Zustand vor den Punkten visuell betrachtet werden. Durch die Auswertung der Bilder kann die Unterhaltung der Punkte dokumentiert werden und im Vorfeld von angekündigten Starkregenereignissen die Zustände eingesehen werden. Als problematisch muss in diesem Zusammenhang die Gefahr von Vandalismus und Diebstahl angesehen werden.

5. Kommunale Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen

Die kommunalen Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen dienen kurz- bis mittelfristig dem Ziel der Risikovor-sorge bei Starkregen. Dabei sind folgende Aspekte / Möglichkeiten zu berücksichtigen (DWA 213 b; Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge (August 2013)):

- Rückhaltung und Ableitung Außengebietswasser
- Rückhaltung Oberflächenwasser in der Fläche
- Ableitung oder Zwischenspeicherung unvermeidbarer Oberflächenwasser im Straßenraum
- Schutz der Risikobereiche mit Gefahr für Menschenleben, kritische Objekte und Infrastruktureinrichtungen
- Nutzung multifunktionaler Flächen
- Einsatz dezentraler Maßnahmen in Außengebieten durch land-/ forstwirtschaftliche Praxis

5.1. Rückhaltung und Ableitung von Außengebietswasser

Aufgrund der Hanglagen gestalten sich Rückhalt und Ableitung von Außengebietswasser im Stadtgebiet als schwierig. Im außerstädtischen Raum bietet sich zur Aktivierung von Speichervermögen vor allem der Rückhalt auf Flächen vor den höher gelegenen Dammlagen der Verkehrswege an. Auf land- und forstwirtschaftlichen Wegen kann durch eine rückhalteorientierte Gestaltung zusätzlich Außengebietswasser zwischengespeichert oder gezielt abgeleitet werden. Für weitere Rückhaltemaßnahmen ist oftmals die gezielte Anlage von Rückhalteräumen erforderlich. Im Innenstadtbereich ist ggf. die Entflechtung von Bachwasser und Kanalnetz eine Möglichkeit zur Entspannung der hydraulischen Situation. Dabei sind insbesondere die Zulaufe von Verrohrungen hydraulisch günstig zu gestalten oder mit raumgreifenden Rechen zu versehen.

5.2. Abflussrelevante Gewässer bei Starkregenereignissen

Von besonderer Relevanz sind im Starkregenfall kleinere Gewässer, die hydraulisch stark beansprucht werden und innerhalb kurzer Zeit schnell „anspringen“, wie sich beispielsweise am Jordanbach zeigt. Eine große Gefahr innerhalb der Ortslagen geht dabei von Abflusshindernissen aus. Die Beseitigung bzw. Optimierung von abflussmindernden Einbauten (Stege, Brücken, Zäune, Mauern, querende Leitungen, Ablagerungen, Bewuchs usw.) verringert die Gefahr, dass Gewässer an diesen Engstellen über ihre Ufer treten und sich neue Abflusswege suchen. Dadurch, dass viele städtische Siedlungsbereiche durch Hanglagen geprägt sind, die durch die Beregnung mit einem Euler-Typ2-Regen schnell konzentrierte, hohe Abflüsse in den Gewässern und Gräben entstehen, kommt diesem Aspekt in Ibbenbüren eine besondere Bedeutung zu.

Im Starkregenfall werden im Stadtgebiet zahlreiche Gräben und Gewässer aktiviert, die als so genannte „schlafende Gewässer“ nur wenig Wasser führen oder nicht ständig wasserführend sind, im Starkregenfall aber schnell anschwellen. Zusätzliche Gefährdungen stellen historische Gewässerverläufe dar, bei denen die Gewässer im Laufe der Zeit durch bauliche Eingriffe verlegt wurden. Aufgrund der topographischen Gegebenheiten können diese ehemaligen Gewässerbetten als tiefliegende Abflusspfade wieder aktiviert werden.

In Ibbenbüren verlaufen mehrere kleinere Gewässer und Gräben durch die Ortslagen. Diese sollten regelmäßig überwacht und der hydraulische Fließquerschnitt durch Unterhaltungsmaßnahmen freigehalten werden. Anwohner sollten zudem kein Schnittgut oder Gegenstände im Gewässerbereich lagern, die im Starkregenfall mitgeschwemmt werden können und im weiteren Verlauf zu Verklausungen an hydraulisch relevanten Bauwerken führen können.

Für den Brochterbecker Mühlenbach im südlichen Stadtteil Dörenthe sind weiterhin Hochwassergefahren und Hochwasserrisikokarten nach Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRMRL) ausgewiesen (Abb. 5-1).

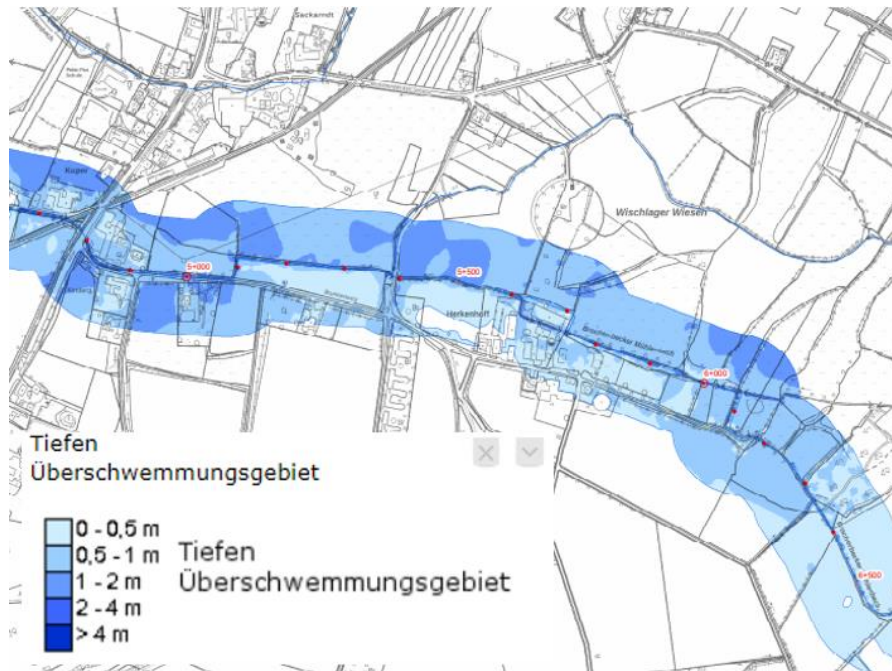


Abb. 5-1: Hochwassergefahrenkarte Brochterbecker Mühlenbach nach HWRMRL (HQ Extrem)

Hochwassergefährdete Gebiete an der Ibbenbürener Aa wurden im Rahmen von ausgewiesenen Überschwemmungsflächen bis zu einem Abfluss von HQ100 ermittelt (Abb. 5-2). Hochwassergefahrenkarten der Ibbenbürener Aa werden im Rahmen der HWRMRL nicht ermittelt.



Abb. 5-2: Festgesetzte Überschwemmungsgebiete der Ibbenbürener Aa

5.3. Siedlungsentwässerung

Bauliche Maßnahmen, die den Zufluss ins Kanalnetz entlasten sollen, zielen auf die Verringerung des Versiegelungsgrades bzw. der Abflusswirksamkeit von Siedlungsflächen. Dazu gehören vor allem wasser-durchlässige Flächenbefestigungen zur Regenwasserversickerung oder Dachbegrünungen. Der dezentrale Regenwasserrückhalt auf Grundstücken in Mulden, Zisternen und Rigolen kann bei entsprechender Auslegung der Speichervolumina für das Starkregenszenario 1 ebenfalls wirksam sein. Da diese dezentralen Maßnahmen einzeln nur relativ geringe Wirksamkeit haben, müssen sie großflächig umgesetzt werden, um auch bei Starkregenereignissen wirksam zu sein. Die Wirkung der Maßnahmen sinkt mit zunehmenden Niederschlagshöhen. Sie sollten daher insbesondere als Maßnahmen für geringe Niederschlagshöhen aufgefasst werden. Im Falle außergewöhnlicher und extremer Niederschlagshöhen übersteigen die Niederschlagshöhen mögliche Versickerungskapazitäten deutlich, sodass auch mit hohen Abflüssen von unversiegelten Flächen gerechnet werden muss.

5.4. Straßen und Wege

Straßen und Wegen kommt bei Starkregenereignissen eine besondere Bedeutung zu. Oberflächlich abfließendes Wasser kann im Straßenraum zwischengespeichert oder über die Nutzung von Straßen als Notwasserwege schadfrei abgeleitet werden. Je nach Gefälle und Ausbildung der Bordsteine verfügen Straßen über ein gewisses Stauvolumen und können bei Abklingen des Ereignisses das im Straßenraum gespeicherte Regenwasser gedrosselt über die Straßenentwässerung abfließen lassen.

Das Stauvolumen des Straßenraums wird in der Regel durch die Gehweghinterkante definiert. Die niedrigste Gehweghinterkante legt dabei das Speichervolumen des gesamten Straßenraumes fest und entscheidet so auch über die Gefährdungslage der Anwohner. Durch Absenken des Straßenniveaus oder Einbau einer Mittelrinne und Beibehaltung der Gehweghinterkante kann das Speichervolumen entsprechend erhöht werden. Die Funktionsfähigkeit der Straßenentwässerung sollte regelmäßig geprüft werden.

5.5. Frei- und Grünflächen

Frei- und Grünflächen können multifunktional als Notretentionsräume bei Starkregenereignissen genutzt werden. Sie können vor allem im dicht besiedelten Innenstadtbereich eine bedeutende Pufferfunktion bieten. Um einen gezielten Wasserzufluss zu ermöglichen, sind oft bauliche Maßnahmen zur Erschließung der Flächen notwendig. Beispiele für mögliche Flächen umfassen

- öffentliche Grünflächen, z. B. Parkanlagen, Rasenflächen,
- öffentliche Plätze und Freifläche ohne Bebauung,
- Straßenflächen mit relativ geringer verkehrlicher Nutzung,
- großflächige, öffentliche Sportanlagen, z. B. Sportplätze, Bolzplätze, Liegewiesen von Bädern,
- Spielplätze
- Teichanlagen und künstliche Seen,
- Brachflächen und
- unbebaute Flächen.

Neben der gezielten Zuführung von Wasser auf multifunktional genutzten Flächen, sollten die Flächen auch dagegen geschützt werden, dass sich Wasser ungewollt in Risikobereiche ausdehnt. Aufgrund ihrer Mehrfachnutzung ist die Nutzung der Flächen zudem nicht unproblematisch. Durch Schmutz- und Schadstoffbelastung, z. B. nach einem Ölunfall, können zu Kontaminationen führen, die bei schnell auftretenden Überflutungen zur Gefährdung der menschlichen Gesundheit führen kann. Die möglichen Auswirkungen auf Vegetation und Ökosysteme sind hierbei zusätzlich zu berücksichtigen. Im Rahmen einer wassersensiblen Stadtentwicklung kann die Nutzung als multifunktionale Fläche im Rahmen einer gesamtplanerischen Betrachtung auch mit einer positiven Wirkung auf das Stadtklima in Hitzeperioden bedacht werden.

5.6. Objektschutzmaßnahmen

Für bauliche Objekte stellt vor allem das schnelle Volllaufen von Mulden oder Gebäudeuntergeschossen (Keller, Tiefgaragen) eine Hauptgefahr dar. Eine weitere Gefahrenquelle sind hohe Fließgeschwindigkeiten, die dynamische Druck- und Zugkräfte auf Gebäude erhöhen und ebenfalls eine Gefahr für Personen darstellen.

Erstes Ziel beim Objektschutz sollte daher sein, das Wasser von Gebäuden und wichtigen Infrastruktur-objekten fernzuhalten. Hier muss untersucht werden, welche baulichen Maßnahmen (Verwallungen, Erd-dämme, Geländemodellierungen, Schutzmauern) realisierbar sind. Dies kann auch nachträglich z. B durch sinnvolle Notwasserwege in Privatgärten erfolgen.



Abb. 5-3: "Pflanzmauern" zur Lenkung von Oberflächenabfluss (Beispiel)

Weitergehende Maßnahmen sind im Rahmen des baulichen Objektschutzes individuell zu ergreifen. Für die Bewohner der privaten Wohnbebauung gilt die Empfehlung zur Eigenvorsorge. Auch hier gilt als oberstes Ziel das Wasser vom Gebäude weg zu halten. Hier sind im Besonderen die muldenlagigen Grundstücke im Stadtgebiet betroffen. Die nachfolgende Abbildung zeigt dafür einige Möglichkeiten schematisch auf. Für den expliziten Objektschutz sind neben Rückstauklappen vor allem die hochwasserangepasste Ausführung der Gebäudeöffnungen wichtig (vgl. Abb. 5-5).

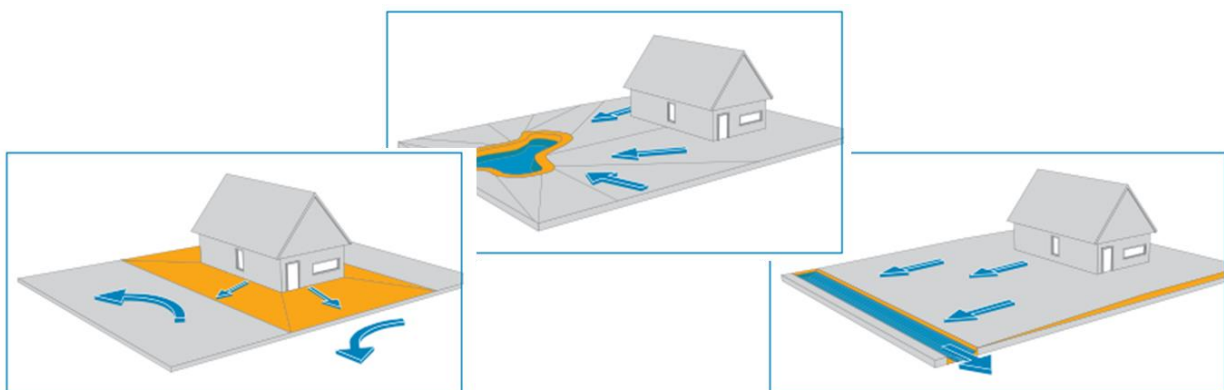


Abb. 5-4: Empfehlungen für die private Eigenvorsorge (StEB Köln)

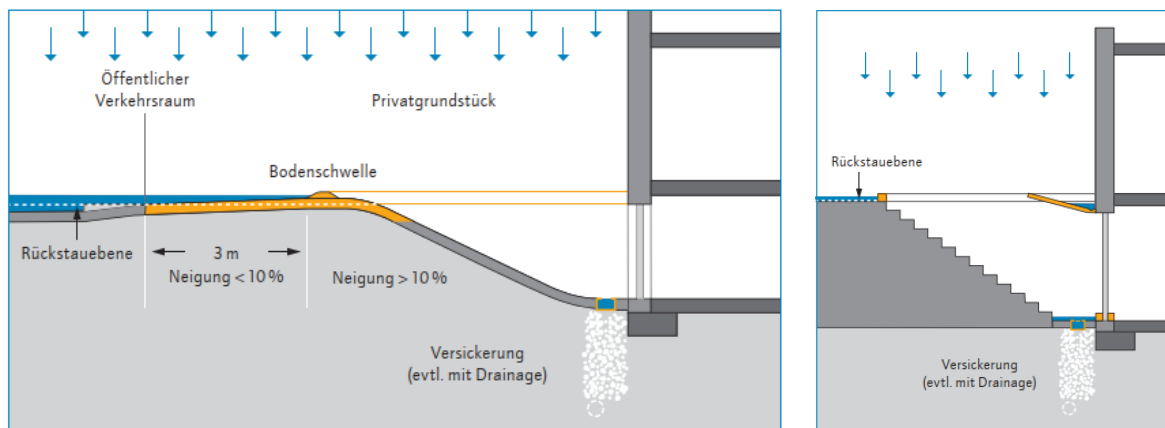


Abb. 5-5: Sicherung der Wassereintrittswege in ein Gebäude (StEB Köln)

Für den Fall, dass diese Maßnahmen bei den lokalen Gegebenheiten nicht möglich sind, sollte als zweites Ziel das Eindringen von Wasser in die Objekte verhindert werden. Hierfür kommen verschiedene Systeme in Betracht. Wegen der häufig nur geringen Reaktionszeit bei Starkregenereignissen sind hier vor allem die permanenten Hochwasserschutzsysteme geeignet.

Kritisch für den Objektschutz sind Mulden- und Rückstausituationen, bei denen auch Überflutungstiefen von mehreren Metern auftreten können. In diesen Bereichen sind permanente Vorsorgemaßnahmen bedingt durch die möglichen hohen Überflutungstiefen nur schwer umsetzbar. Für den Fall, dass Objektschutzmaßnahmen nicht ausführbar sind, versagen oder ihre Bemessungsgrenzen überschritten werden, muss hier als drittes Ziel versucht werden, den evtl. Schaden bei Wassereintritt zu minimieren. Hierbei sollte Folgendes untersucht werden:

- Welche Objekte und Einrichtungen sind bei Wassereintritt betroffen?
- Welche Objekte erfordern bedingt durch ihr hohes Schadenspotenzial (z. B. Heiz- und Tankanlagen) gesonderte Absicherungen?
- Wie kann durch Nutzungsanpassung oder Anpassung der technischen Gebäudeausrüstung (z. B. Ersatz einer Ölheizung durch eine Gastherme) das Schadenspotenzial minimiert werden?

5.7. Wasserrückhalt in der Fläche (Außenbereich)

Außerhalb der Siedlungsbereiche sollten im Sinne des vorsorgenden Überflutungsschutzes auch dezentrale Maßnahmen zum Einsatz kommen, die zu einem vermehrten Wasserrückhalt in der Fläche führen. Diese Maßnahmen tragen zur Verminderung des Überflutungsrisikos bei, indem durch verminderten Oberflächenabfluss sowie verstärkte Retention und Infiltration, Scheitelabflüsse und Wellenvolumen vermindert werden und so ein Beitrag zur Reduzierung von Überflutungsschäden geleistet wird.

Land- und Forstwirtschaft können durch eine angepasste Bewirtschaftung den Wasserrückhalt in der Fläche stärken, damit das Überflutungsrisiko verringern und Erosion vermeiden. Im Bereich der Landwirtschaft kann dies beispielsweise durch Grünlandbewirtschaftung oder eine konservierende Bodenbearbeitung wie Mulch- bzw. Direktsaat erreicht werden. Aber auch gezielte Veränderungen der konventionellen Bodenbearbeitung können zum Wasserrückhalt beitragen, wenn z. B. Äcker in Hanglage hangparallel gepflügt werden. Dadurch kann das Wasser besser in den Furchen versickern, anstatt schnell oberflächlich abzufließen. Retentionsfördernde Maßnahmen bieten außerdem auch Vorteile in Bezug auf andere naturschutzfachlich relevante Zielsetzungen, wie z. B. Erosionsschutz, Gewässerschutz oder Arten- und Biotopschutz.

Auch der Forstwirtschaft kommt eine besondere Rolle zu. Stabile, naturnahe Mischwälder leisten einen Beitrag für den Hochwasserschutz. Der Oberflächenabfluss ist geringer und erfolgt langsamer als bei anderen Landnutzungsformen. Außerdem können Waldböden einen Großteil der Niederschläge an Ort und Stelle speichern. Bach- und flussbegleitende Auwälder ertragen problemlos auch längere Überschwemmungen und sorgen, wie ein Zwischenspeicher, für einen langsamen Abfluss. Wichtige Maßnahmen zum Erhalt oder Ausbau dieser Retentionsfunktionen sind z. B. die Entwicklung des Auwalds in Überflutungsbereichen, die Erhaltung der Waldfläche allgemein, der Umbau von Nadelbaumreinbeständen in stabile, naturnahe und klimatolerante Mischwälder, die Revitalisierung von Auwäldern sowie die Anlage von Tümpeln und Feuchtbiotopen. Die abflussschwächende Wirkung vom Wald stößt bei sehr starken Niederschlägen allerdings auch an ihre Grenzen (Wassersättigung des Bodens).

6. Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Bericht zum Starkregenrisikomanagement erhalten die Verantwortlichen in den Behörden Hintergrundinformationen und Hilfestellungen für mögliche Vorgehensweisen, um das Starkregenrisiko zu bewerten und entsprechende Maßnahmen zur Reduzierung möglicher Schäden identifizieren zu können. Die Maßnahmen im öffentlichen und privaten Bereich können demnach übergreifend koordiniert und aufeinander abgestimmt werden, um in dem integrierten Handlungskonzept die größtmögliche Wirksamkeit in Bezug auf die Risikominimierung zu erreichen.

Dabei wurden die folgenden Bausteine der Förderrichtlinie sukzessiv bearbeitet und mit der Stadt Ibbenbüren abgestimmt.

1. Grundlagendaten
2. Analyse der Überflutungsgefährdung (→ Starkregenkarten)
3. Risikoanalyse (→ besonders betroffene öffentliche Gebäude)
4. Handlungskonzept (→ Karten zur Flächenvorsorge und zum Krisenmanagement)
5. Kommunale Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen im Starkregenrisikomanagement

Die Starkregenkarten (Karten 01 bis 03) zeigen die Überflutungsausdehnung anhand der Kenndaten

- Überflutungstiefe [m],
- sowie dem zeitlichen Ablauf des Ereignisses.

Damit wurde die Überflutungsgefährdung für alle Gebäude anhand von drei Lastfällen (Szenarien 1 – selten, Szenario 2- außergewöhnlich, Szenario 3 – extrem) ermittelt. Durch Verschneidung mit dem Schadenspotenzial der einzelnen Objekte ergibt sich das spezifische Risiko für eine Betroffenheit bei Starkregenabfluss (Karten 04 bis 06).

Die Auswertung des Risikos mündet neben der Information für Bürger und Gewerbetreibende in Handlungskonzepte zur Flächenvorsorge und zum Krisenmanagement für die öffentliche Hand.

Die Starkregenvorsorge kann nicht alleine durch die öffentliche Hand gewährleistet werden. Jeder Bürger sollte sich sein Grundstück kritisch anschauen und sich ggf. zum Objektschutz von Fachleuten beraten lassen. Hierbei sind unter anderem die Kriterien, Rückstauschutz aus dem Kanalnetz, Oberflächenwasser, oberhalb liegende Flächen und Grundwasser usw. mit einzubeziehen.

Zur Ableitung von möglichen Maßnahmen zur Flächenvorsorge wurden Muldenlagen mit / ohne Notwasserwege im Hinblick auf die Gefährdung angrenzender Bebauung lokalisiert. Weiterhin wurden potenzielle multifunktionale Flächen für Rückhaltemaßnahmen ermittelt. Zusätzlich sind die Ergebnisse einer topographischen Fließwegeanalyse dargestellt (Karte 07).

Im Sinne des Krisenmanagements wurde die Anfahrbbarkeit von Einsatzpunkten anhand des Einstaus der Verbindungswege analysiert. Des Weiteren wurden die potenziellen Gefahrenpunkte bei Verklausung von Durchlässen analysiert. In diesem Zusammenhang ist auch die Darstellung von erosionsgefährdeten landwirtschaftlichen Flächen als ergänzende Information in den Karten dargestellt (Karte 08).

Abschließend werden die allgemeinen Ansätze für kommunale Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen aufgezeigt. Spezifische Konzepte zur Gefahrenabwehr / Minderung der Gefährdung können als besonders sensibel erachtete Hotspots gesondert untersucht werden.

Weitergehende Maßnahmen zur Gefahrenabwehr durch Starkregen sind konzeptionell und gesamtanschaulich innerhalb der Kommune mit allen Akteuren zu planen und zu koordinieren.

7. Literaturverzeichnis

- [1] Schmitt, T. G.: Starkregenindex zur Kommunikation von Überflutungsursachen und Risiken, KA – Korrespondenz Abwasser 2014, 61 (8), 681–687
- [2] Stadtentwässerungsbetriebe Köln (StEB Köln): Wassersensibel planen und bauen in Köln, Leitfaden zur Starkregenvorsorge für Hauseigentümer, Bauwillige und Architekten.
- [3] DWA: Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge – DWA T1/2013
- [4] MUNLV 2018: Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement, Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW
- [5] Stadtentwässerungsbetriebe Köln (StEB Köln): MURIEL – Multifunktionale Retentionsflächen
- [6] LUBW (2016): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg – Anhang 1a

ANLAGE 1

Gebäudenutzung und Schadenspotenzial

Gebäudefunktion	GFK	Schadenpotenzial
Gartenhaus	1313	0
Scheune	2721	0
Schuppen	2723	0
Nach Quellenlage nicht zu spezifizieren	9998	0
Forsthaus	1223	1
Gebäude zur Freizeitgestaltung	1310	1
Ferienhaus	1311	1
Wochenendhaus	1312	1
Kiosk	2055	1
Messehalle	2060	1
Freizeit- und Vergnügungsstätte	2090	1
Festsaal	2091	1
Kino	2092	1
Kegel-, Bowlinghalle	2093	1
Spielkasino	2094	1
Waschstraße, Waschanlage, Waschhalle	2131	1
Gebäude für Vorratshaltung	2140	1
Speichergebäude	2142	1
Lagerhalle, Lagerschuppen, Lagerhaus	2143	1
Speditionsgebäude	2150	1
Saline	2172	1
Wartehalle	2412	1
Bootshaus	2444	1
Betriebsgebäude zur Seilbahn	2450	1
Spannwerk zur Drahtseilbahn	2451	1
Gebäude zum Parken	2460	1
Parkhaus	2461	1
Parkdeck	2462	1
Garage	2463	1
Toilette	2612	1
Gebäude für Land- und Forstwirtschaft	2700	1
Land- und forstwirtschaftliches Betriebsgebäude	2720	1
Stall	2724	1
Scheune und Stall	2726	1
Stall für Tiergroßhaltung	2727	1
Reithalle	2728	1
Treibhaus, Gewächshaus	2740	1
Treibhaus	2741	1
Gewächshaus, verschiebbar	2742	1
Gebäude für kulturelle Zwecke	3030	1
Schloss	3031	1
Gebäude für soziale Zwecke	3060	1
Jugendfreizeitheim	3061	1
Freizeit-, Vereinsheim, Dorfgemeinschafts-, Bürgerhaus	3062	1
Seniorenfreizeitstätte	3063	1
Friedhofsgebäude	3080	1
Krematorium	3082	1
Empfangsgebäude	3090	1
Gebäude für Sportzwecke	3210	1

Gebäudefunktion	GFK	Schadenpotenzial
Sport-, Turnhalle	3211	1
Badegebäude	3220	1
Gebäude im Freibad	3222	1
Gebäude im Stadion	3230	1
Gebäude für Kurbetrieb	3240	1
Badegebäude für medizinische Zwecke	3241	1
Gebäude im Zoo	3260	1
Empfangsgebäude des Zoos	3261	1
Aquarium, Terrarium, Voliere	3262	1
Tierschauhaus	3263	1
Stall im Zoo	3264	1
Gebäude im botanischen Garten	3270	1
Empfangsgebäude des botanischen Gartens	3271	1
Gewächshaus (Botanik)	3272	1
Pflanzenschauhaus	3273	1
Gebäude für andere Erholungseinrichtung	3280	1
Schutzhütte	3281	1
Touristisches Informationszentrum	3290	1
Wohnhaus	1010	2
Wohnheim	1020	2
Schwesternwohnheim	1023	2
Studenten-, Schülerwohnheim	1024	2
Schullandheim	1025	2
Gemischt genutztes Gebäude mit Wohnen	1100	2
Wohngebäude mit Gemeinbedarf	1110	2
Wohngebäude mit Handel und Dienstleistungen	1120	2
Wohn- und Verwaltungsgebäude	1121	2
Wohn- und Bürogebäude	1122	2
Wohn- und Geschäftsgebäude	1123	2
Wohngebäude mit Gewerbe und Industrie	1130	2
Wohn- und Betriebsgebäude	1131	2
Land- und forstwirtschaftliches Wohngebäude	1210	2
Land- und forstwirtschaftliches Wohn- und Betriebsgebäude	1220	2
Bauernhaus	1221	2
Wohn- und Wirtschaftsgebäude	1222	2
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	2010	2
Bürogebäude	2020	2
Kreditinstitut	2030	2
Versicherung	2040	2
Geschäftsgebäude	2050	2
Kaufhaus	2051	2
Einkaufszentrum	2052	2
Markthalle	2053	2
Laden	2054	2
Apotheke	2056	2
Gebäude für Beherbergung	2070	2
Hotel, Motel, Pension	2071	2
Jugendherberge	2072	2
Hütte (mit Übernachtungsmöglichkeit)	2073	2

Gebäudefunktion	GFK	Schadenpotenzial
Campingplatzgebäude	2074	2
Gebäude für Bewirtung	2080	2
Gaststätte, Restaurant	2081	2
Hütte (ohne Übernachtungsmöglichkeit)	2082	2
Kantine	2083	2
Gebäude für Gewerbe und Industrie	2100	2
Betriebsgebäude	2112	2
Brauerei	2113	2
Brennerei	2114	2
Werkstatt	2120	2
Sägewerk	2121	2
Kühlhaus	2141	2
Gebäude für Forschungszwecke	2160	2
Gebäude für Grundstoffgewinnung	2170	2
Bergwerk	2171	2
Gebäude für betriebliche Sozialeinrichtung	2180	2
Mühle	2210	2
Windmühle	2211	2
Wassermühle	2212	2
Schöpfwerk	2213	2
Wetterstation	2220	2
Gebäude für Handel und Dienstleistung mit Wohnen	2310	2
Gebäude für Gewerbe und Industrie mit Wohnen	2320	2
Betriebsgebäude zu Verkehrsanlagen (allgemein)	2400	2
Betriebsgebäude für Straßenverkehr	2410	2
Straßenmeisterei	2411	2
Betriebsgebäude für Schienenverkehr	2420	2
Bahnwärterhaus	2421	2
Lokschuppen, Wagenhalle	2422	2
Stellwerk, Blockstelle	2423	2
Betriebsgebäude des Güterbahnhofs	2424	2
Betriebsgebäude für Flugverkehr	2430	2
Flugzeughalle	2431	2
Betriebsgebäude für Schiffsverkehr	2440	2
Werft (Halle)	2441	2
Dock (Halle)	2442	2
Betriebsgebäude zur Schleuse	2443	2
Fahrzeughalle	2464	2
Gebäude für Fernmeldewesen	2540	2
Gebäude zur Abfallbehandlung	2620	2
Müllbunker	2621	2
Gebäude zur Müllverbrennung	2622	2
Gebäude der Abfalldeponie	2623	2
Wirtschaftsgebäude	2729	2
Almhütte	2732	2
Jagdhaus, Jagdhütte	2735	2
Verwaltungsgebäude	3010	2
Parlament	3011	2
Post	3013	2

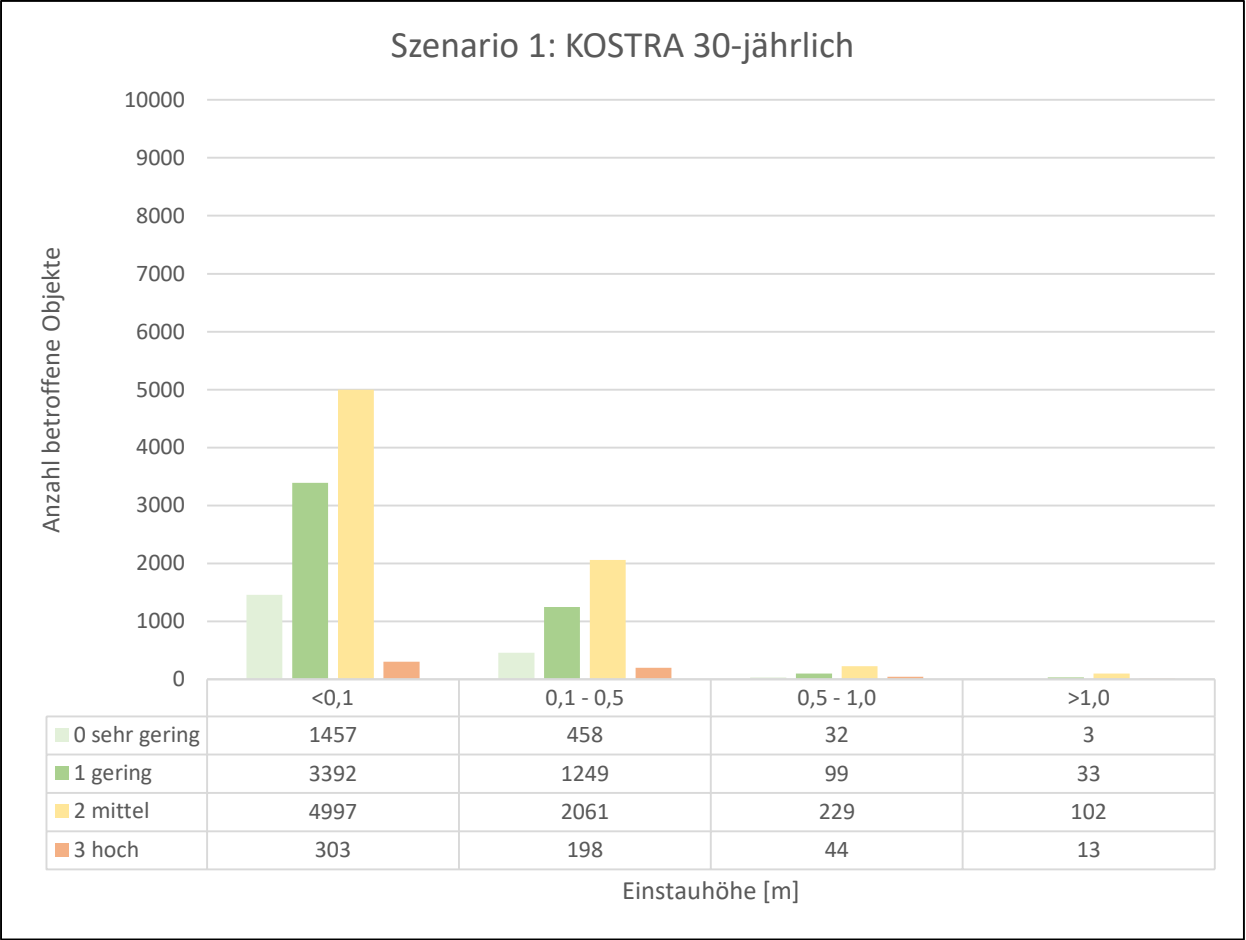
Gebäudefunktion	GFK	Schadenpotenzial
Zollamt	3014	2
Gericht	3015	2
Botschaft, Konsulat	3016	2
Kreisverwaltung	3017	2
Bezirksregierung	3018	2
Finanzamt	3019	2
Theater, Oper	3032	2
Konzertgebäude	3033	2
Museum	3034	2
Rundfunk, Fernsehen	3035	2
Veranstaltungsgebäude	3036	2
Bibliothek, Bücherei	3037	2
Burg, Festung	3038	2
Gebäude für religiöse Zwecke	3040	2
Kapelle	3043	2
Gemeindehaus	3044	2
Obdachlosenheim	3064	2
Trauerhalle	3081	2
Bahnhofsgebäude	3091	2
Flughafengebäude	3092	2
Gebäude zum U-Bahnhof	3094	2
Gebäude zum S-Bahnhof	3095	2
Gebäude zum Busbahnhof	3097	2
Empfangsgebäude Schifffahrt	3098	2
Gebäude für öffentliche Zwecke mit Wohnen	3100	2
Gebäude für Erholungszwecke	3200	2
Gebäude zum Sportplatz	3212	2
Hallenbad	3221	2
Sanatorium	3242	2
Kinderheim	1021	3
Seniorenheim	1022	3
Produktionsgebäude	2110	3
Fabrik	2111	3
Tankstelle	2130	3
Sonstiges Gebäude für Gewerbe und Industrie	2200	3
Tiefgarage	2465	3
Gebäude zur Versorgung	2500	3
Gebäude zur Energieversorgung	2501	3
Gebäude zur Wasserversorgung	2510	3
Wasserwerk	2511	3
Pumpstation	2512	3
Wasserbehälter	2513	3
Gebäude zur Elektrizitätsversorgung	2520	3
Elektrizitätswerk	2521	3
Umspannwerk	2522	3
Umformer	2523	3
Reaktorgebäude	2527	3
Turbinenhaus	2528	3
Kesselhaus	2529	3

Gebäudefunktion	GFK	Schadenpotenzial
Gebäude an unterirdischen Leitungen	2560	3
Gebäude zur Gasversorgung	2570	3
Gaswerk	2571	3
Heizwerk	2580	3
Gebäude zur Versorgungsanlage	2590	3
Pumpwerk (nicht für Wasserversorgung)	2591	3
Gebäude zur Entsorgung	2600	3
Gebäude zur Abwasserbeseitigung	2610	3
Gebäude der Kläranlage	2611	3
Rathaus	3012	3
Gebäude für Bildung und Forschung	3020	3
Allgemein bildende Schule	3021	3
Berufsbildende Schule	3022	3
Hochschulgebäude (Fachhochschule, Universität)	3023	3
Forschungsinstitut	3024	3
Kirche	3041	3
Synagoge	3042	3
Gotteshaus	3045	3
Moschee	3046	3
Tempel	3047	3
Kloster	3048	3
Gebäude für Gesundheitswesen	3050	3
Krankenhaus	3051	3
Heilanstalt, Pflegeanstalt, Pflegestation	3052	3
Ärztelhaus, Poliklinik	3053	3
Kinderkrippe, Kindergarten, Kindertagesstätte	3065	3
Asylbewerberheim	3066	3
Gebäude für Sicherheit und Ordnung	3070	3
Polizei	3071	3
Feuerwehr	3072	3
Kaserne	3073	3
Schutzbunker	3074	3
Justizvollzugsanstalt	3075	3

ANLAGE 2

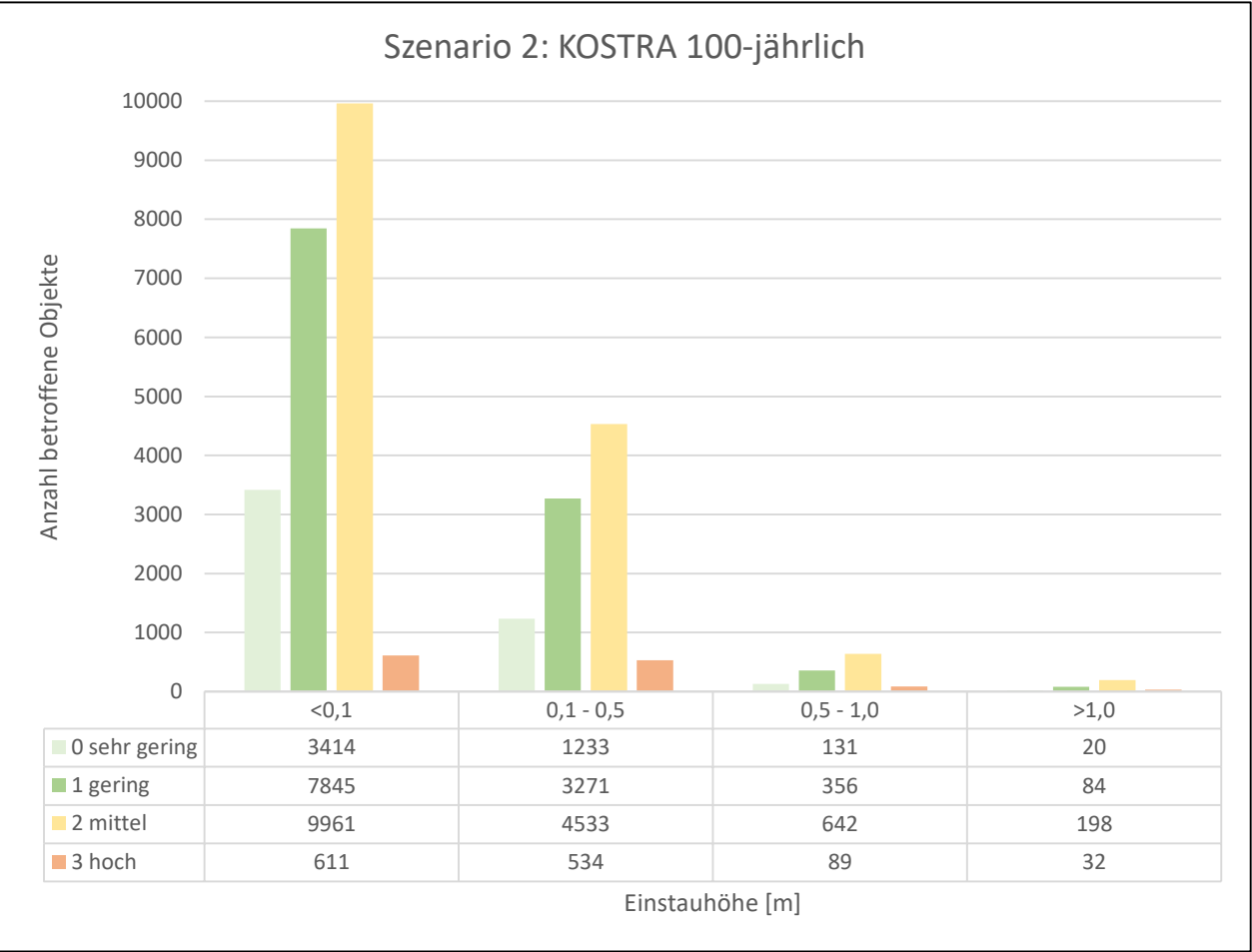
Risikoeinstufung aller Gebäude je nach Szenario

Szenario 1 – Auswertung Gebäudegefährdung



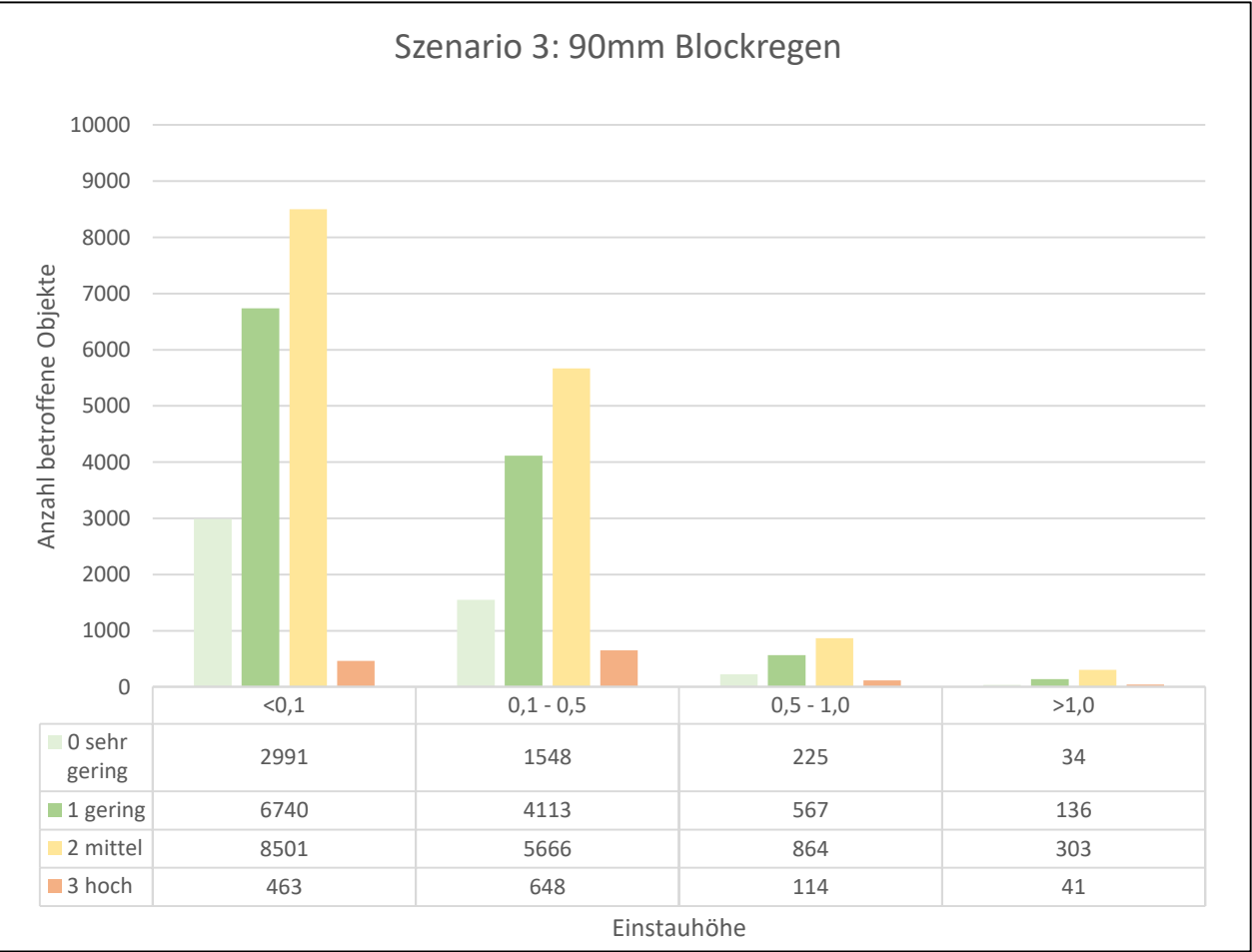
hmax_Sz1		
Schadenspotenzial	Einstauklasse [m]	
0 sehr gering	<0,1	1457
	0,1 - 0,5	458
	0,5 - 1,0	32
	>1,0	3
1 gering	<0,1	3392
	0,1 - 0,5	1249
	0,5 - 1,0	99
	>1,0	33
2 mittel	<0,1	4997
	0,1 - 0,5	2061
	0,5 - 1,0	229
	>1,0	102
3 hoch	<0,1	303
	0,1 - 0,5	198
	0,5 - 1,0	44
	>1,0	13

Szenario 2 – Auswertung Gebäudegefährdung



hmax_Sz2		
Schadenspotenzial	Einstauklasse [m]	
0 sehr gering	<0,1	3414
	0,1 - 0,5	1233
	0,5 - 1,0	131
	>1,0	20
1 gering	<0,1	7845
	0,1 - 0,5	3271
	0,5 - 1,0	356
	>1,0	84
2 mittel	<0,1	9961
	0,1 - 0,5	4533
	0,5 - 1,0	642
	>1,0	198
3 hoch	<0,1	611
	0,1 - 0,5	534
	0,5 - 1,0	89
	>1,0	32

Szenario 3 – Auswertung Gebäudegefährdung

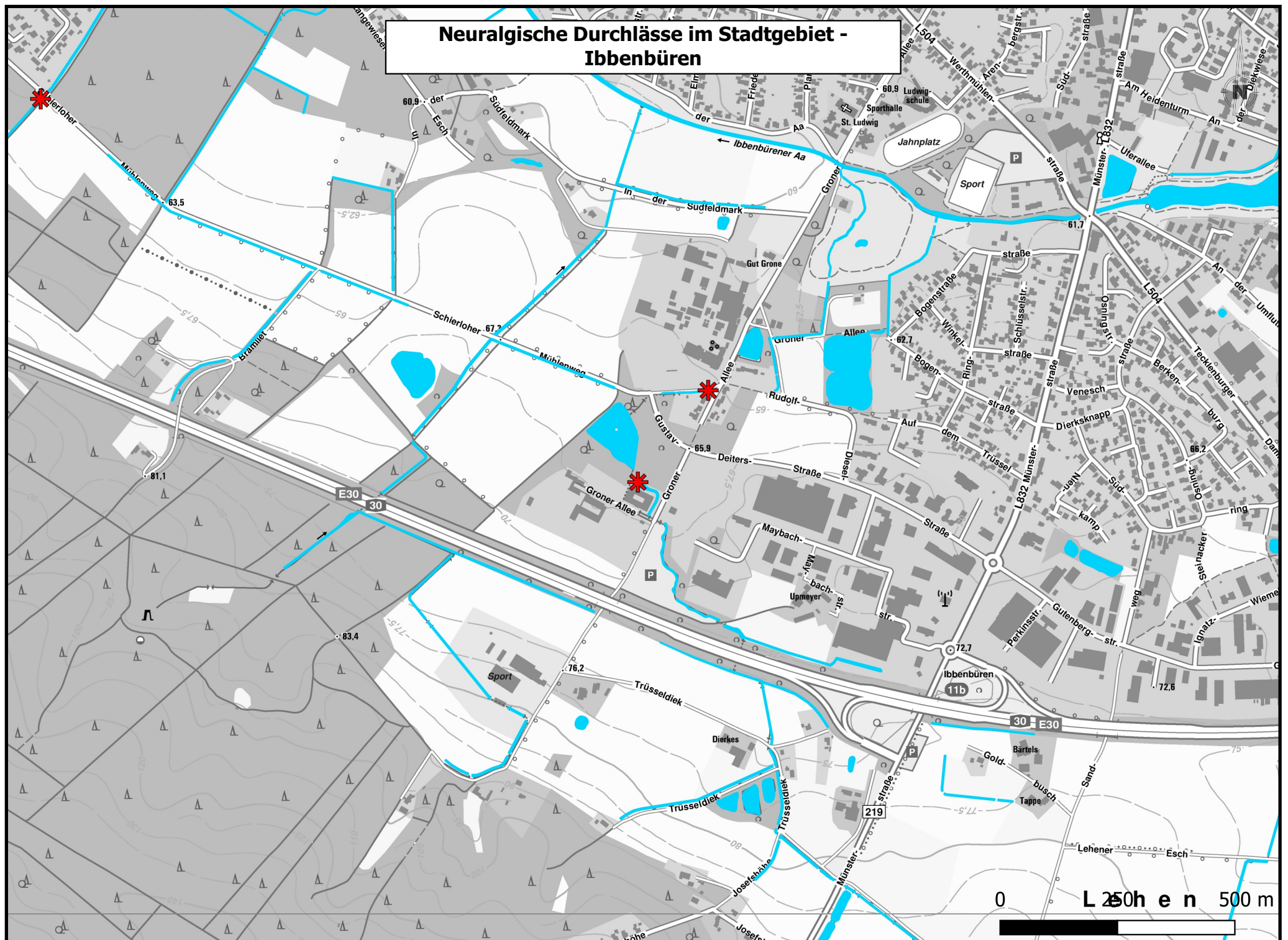


hmax_Sz3		
Schadenspotenzial	Einstauklasse [m]	
0 sehr gering	<0,1	2991
	0,1 - 0,5	1548
	0,5 - 1,0	225
	>1,0	34
1 gering	<0,1	6740
	0,1 - 0,5	4113
	0,5 - 1,0	567
	>1,0	136
2 mittel	<0,1	8501
	0,1 - 0,5	5666
	0,5 - 1,0	864
	>1,0	303
3 hoch	<0,1	463
	0,1 - 0,5	648
	0,5 - 1,0	114
	>1,0	41

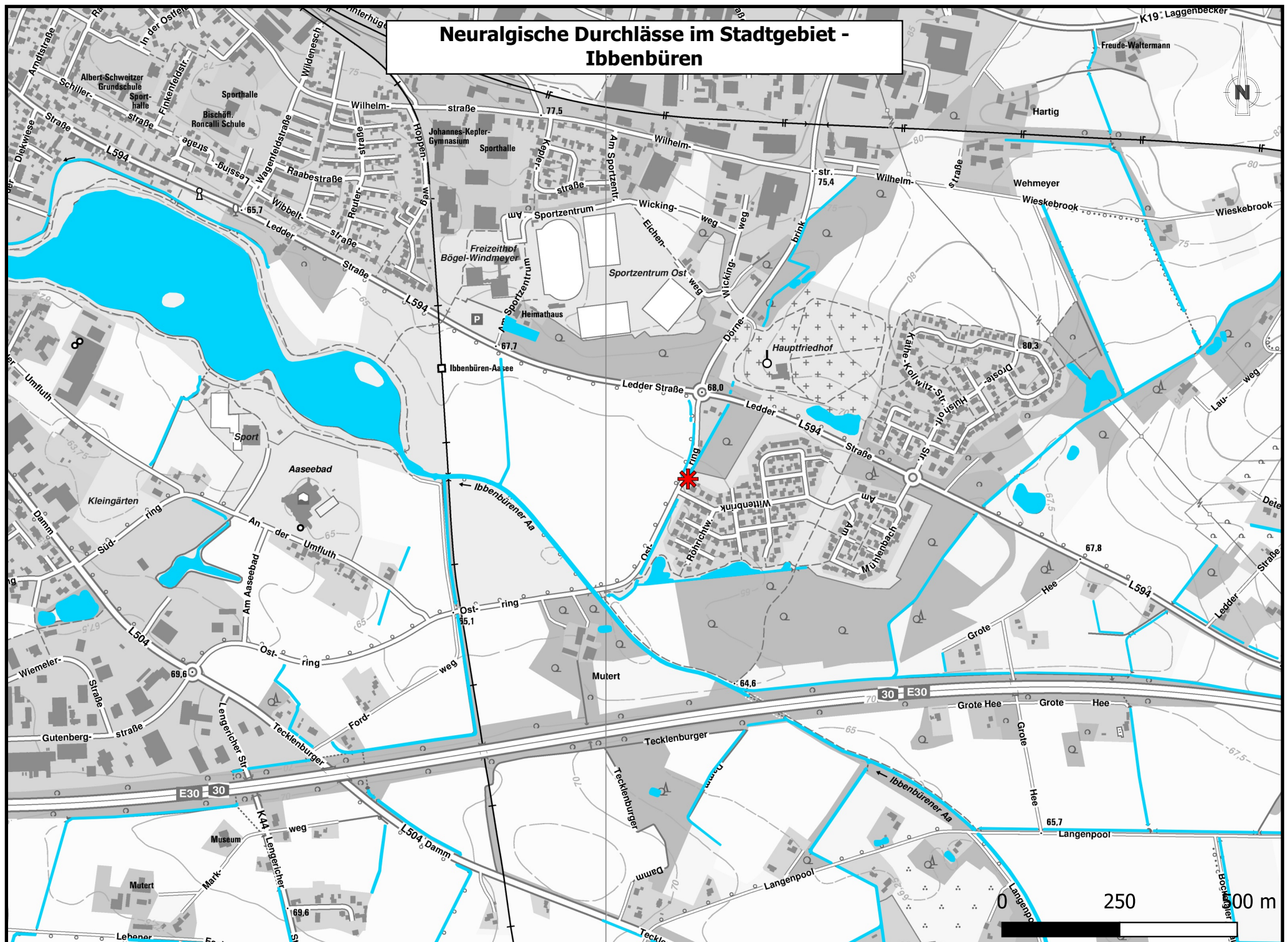
ANLAGE 3

Übersicht neuralgischer Durchlässe im Starkregenfall

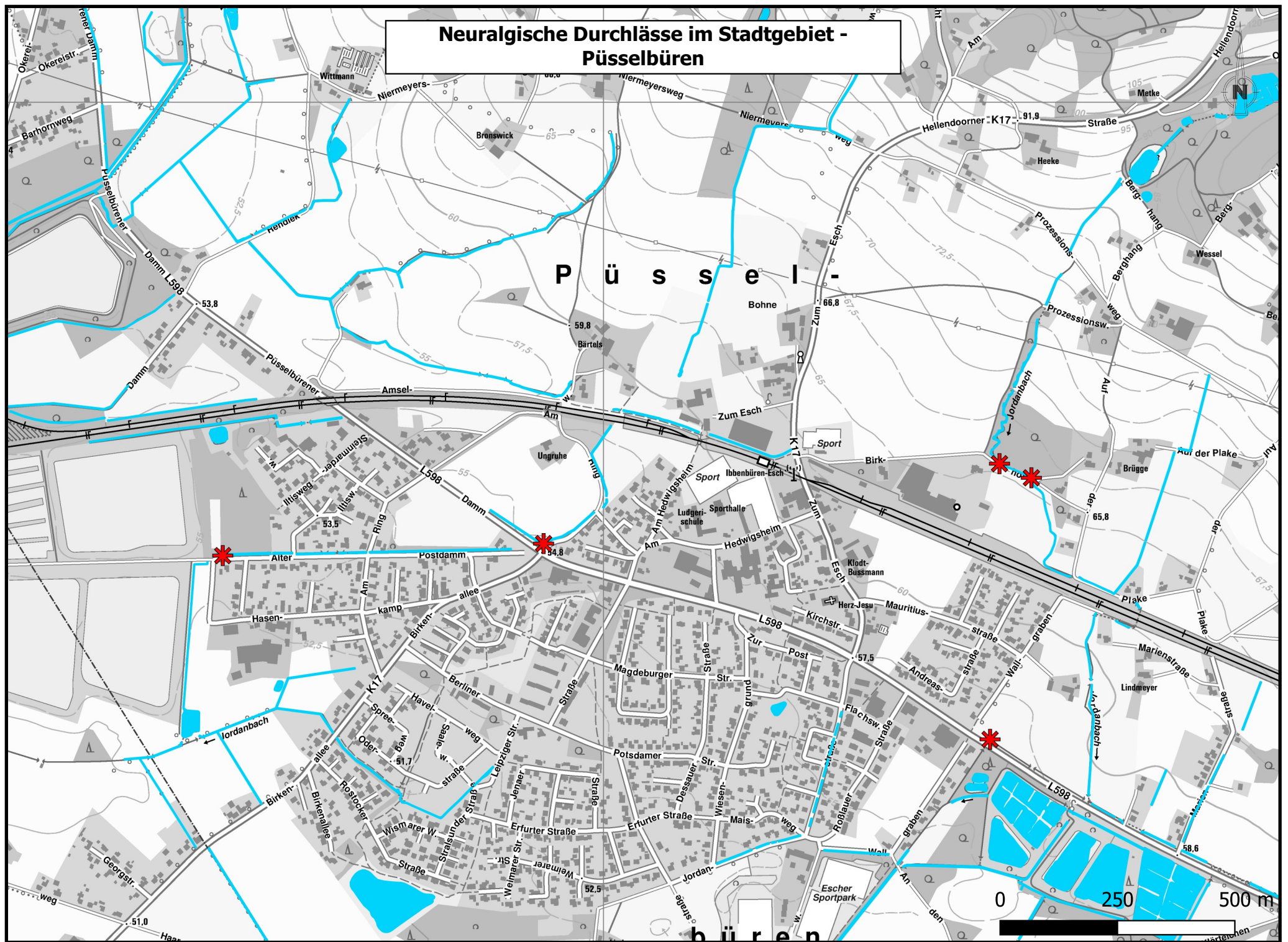
Neuralgische Durchlässe im Stadtgebiet - Ibbenbüren



Neuralgische Durchlässe im Stadtgebiet - Ibbenbüren

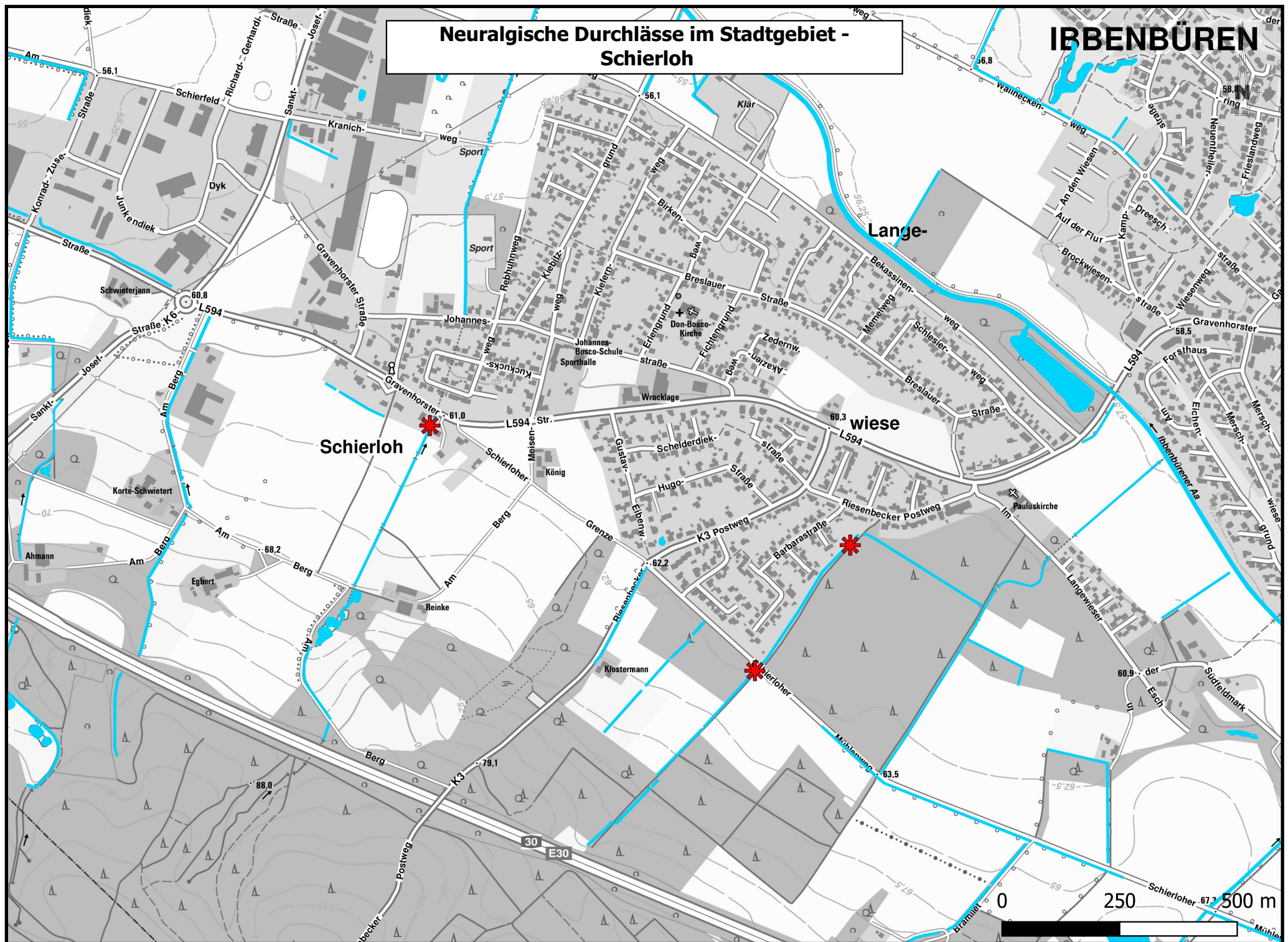


Neuralgische Durchlässe im Stadtgebiet - Püßelbüren



Neuralgische Durchlässe im Stadtgebiet - Schierloh

IBBENBÜREN



ANLAGE 4

Risikockeckliste für besonders betroffene öffentliche Gebäude

(separate Anlage)