

„Hochwasserschutzkonzept für die Stadt Braunschweig“

Stand: 25.09.2019

Auftraggeber: Wasserverband Mittlere Oker
Eisenbütteler Straße 22/23
38122 Braunschweig

Auftragsnummer: Überarbeitung HWSK BS / 18-202

Bearbeitung: HGN Beratungsgesellschaft mbH
Büro Braunschweig
Eike Thiel, M.Sc.
Leo Letz, M.Sc.

Bestätigt: 
Christian Siemon
Büroleiter

Ort, Datum: Braunschweig,
25.09.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	6
2	Grundlagen	7
2.1	Europäische Union.....	7
2.2	Bund.....	8
2.3	Land	8
2.4	Kommunale Ebene	8
2.5	Bürgerinnen und Bürger	9
2.6	Wasserrechtliche Verfahren für Hochwasserschutzmaßnahmen	9
2.7	Ergebnis.....	9
3	Bearbeitungsmethodik	10
4	Flusshochwasser	10
4.1	Bestandsaufnahme	10
4.1.1	Datenrecherche	10
4.1.2	Auswertung abgelaufener Hochwasserereignisse	10
4.1.2.1	Hochwasser 1946	11
4.1.2.2	Hochwasser 1956	13
4.1.2.3	Hochwasser 1994	14
4.1.2.4	Hochwasser 1998	15
4.1.2.5	Hochwasser 2002	15
4.1.2.6	Hochwasser 2013	15
4.1.2.7	Hochwasser 2017	16
4.1.3	Ergebnisse hydraulischer Berechnungen	17
4.1.3.1	Hydraulische Modellierung	18
4.1.3.2	Überschwemmungsgebietskarten	18
4.1.3.3	Hochwassergefahrenkarten / Hochwasserrisikokarten	19
4.2	Bestandsanalyse.....	19
4.2.1	Bewertung der Datenlage	19
4.2.2	Gefährdungsanalyse.....	19
4.2.2.1	Oberirdische Überflutungsgebiete	19
4.2.2.2	Potentiell gefährdete oberirdische Gebiete	21
4.2.2.3	Potentiell gefährdete Keller.....	21
4.2.2.4	Einfluss der Okertalsperre	24
4.2.2.5	Einfluss der Gewässerunterhaltung.....	24
4.2.3	Schwachstellenanalyse	25
4.2.4	Risikoanalyse.....	25
4.2.4.1	Einleitung	25
4.2.4.2	Ermittlung von Schadenspotentialen	26
4.2.4.3	Ermittlung von Gefährdungsintensitäten	29
4.2.4.4	Erstellung von Hochwasserrisikokarten.....	30

4.3	Entwicklung technischer Hochwasserschutzmaßnahmen.....	30
4.3.1	Maßnahmentypen	30
4.3.2	Grundprinzipien der Maßnahmenwahl.....	31
4.3.3	Standortwahl	33
4.3.4	Ortsbegehung	34
4.3.5	Schutzziel.....	35
4.4	Ausführungsvorschläge technischer Hochwasserschutzmaßnahmen	35
4.5	Bewertung technischer Hochwasserschutzmaßnahmen.....	36
4.5.1	Wirksamkeitsanalyse und Wechselwirkungen.....	36
4.5.2	Erweiterte Maßnahmenbewertung.....	37
4.5.3	Priorisierung	37
4.5.3.1	Nutzenermittlung.....	37
4.5.3.2	Kostenermittlung	38
4.5.3.3	Nutzen-Kosten-Verhältnis	40
4.5.3.4	Prioritätenliste	40
5	Starkregen / Sturzfluten	42
6	Natürlicher Wasserrückhalt.....	42
6.1	Wasserrückhalt im Einzugsgebiet.....	42
6.2	Wasserrückhalt am Gewässer	43
7	Maßnahmen der nicht-technischen Hochwasservorsorge	43
7.1	Eigenvorsorge.....	43
7.2	Kommunale Initiativen	45
7.2.1	Allgemeines Informationsangebot	45
7.2.2	Bewusstseinsbildung durch Hochwassermarken im öffentlichen Raum	45
7.2.3	Verbesserung der lokalen Gefahrenabwehr	47
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	48
9	Verzeichnis verwendeter Unterlagen.....	50
9.1	Allgemeine und gewässerübergreifende Unterlagen.....	50
9.2	Unterlagen zur Oker.....	50
9.3	Unterlagen zur Schunter	52
9.4	Unterlagen zur Wabe / Mittelriede	52
9.5	Unterlagen zu Kleingewässern, Kanalisation, Starkregen und Sturzfluten	53

Tabellen

Tabelle 4-1:	Ermittelte Gebäudenutzungen mit zugeordneten Vermögenswerten nach iHWSK-Leitfaden	28
Tabelle 4-2:	Anzuwendende Schadensfunktion in Abhängigkeit von Nutzungsklasse und Schadensart ..	28
Tabelle 4-3:	Schadensfunktionen nach iHWSK-Leitfaden	29
Tabelle 4-3:	Stufen der Gefährdungsintensität	29
Tabelle 4-4:	Prioritätenliste	41

Abbildungen

Abbildung 4-1	Okerhochwasser 1946 – Blick in die Münzstraße	11
Abbildung 4-2	Okerhochwasser 1946 – Karte der überschwemmten Bereiche (rot markierte Flächen)	12
Abbildung 4-3	Okerhochwasser 1946 – Hochwassermarken	13
Abbildung 4-4:	Hochwasser an Wabe/Mittelriede 1956 – Berliner Straße	14
Abbildung 4-5:	Okerhochwasser 1994 – überschwemmte Flächen (Auszug)	14
Abbildung 4-6:	Wasserstandsganglinien vom Mai / Juni 2013	20
Abbildung 4-7:	Grundwasserflurabstände gemäß Umweltatlas 2007	23
Abbildung 4-8:	Hydraulische Engstelle mit Kennzeichnung der Fließgeschwindigkeiten (Beispiel)	25
Abbildung 4-11:	Definierte Gebietstypen zur Bestimmung charakteristischer Hochwasserschutzmaßnahmen ..	32
Abbildung 4-11:	Bau der Hochwasserschutzmauer Am Soolanger	34
Abbildung 4-12:	Warnampel als Ergebnis der erweiterten Bewertung	37
Abbildung 4-13:	Oben: Ansicht der Einleitstelle D003 mit dem zugehörigen Kanalnetz (blau), Unten: Blick in...	39
Abbildung 7-1:	Wassereintrittsmöglichkeiten bei Gebäuden, Quelle: Hochwasserschutzfibel BMVBS (2010)	44
Abbildung 7-2:	Hochwassermarke an der Katharinenkirche („Wasserflut 8. April 1808“)	46
Abbildung 7-3:	Beispiel einer öffentlichkeitswirksamen Hochwassermarke in Donauwörth	46
Abbildung 7-4:	Möglicher Standort einer Hochwassermarke im öffentlichen Raum	47

Anlagen

Anlage 1	Abgelaufene Hochwasserereignisse
Anlage 2	Hochwassergefahrenkarten HQ ₁₀₀
Anlage 3	Hochwassergefahrenkarten HQ _{extrem}
Anlage 4	Hochwassergefahrenkarten HQ _{gering}
Anlage 5	Hochwasserrisikokarten HQ ₁₀₀
Anlage 6	Hochwasserrisikokarten HQ _{extrem}
Anlage 7	Hochwasserrisikokarten HQ _{gering}
Anlage 8	Hochwassergefahrenkarte Kellervernässung
Anlage 9	Maßnahmenübersichtskarte
Anlage 10	Maßnahmenblätter
Anlage 11	Wirkung Hochwasserrückhaltebecken Wabe bei HQ ₁₀₀
Anlage 12	Wirkung Hochwasserrückhaltebecken Wabe bei HQ _{extrem}
Anlage 13	Kurzsteckbrief Tunica-, Spinner-, Maschstraße
Anlage 14	Kurzsteckbrief Hondelage

1 Aufgabenstellung

Im Mai 2013 gab es nach den Hochwasserereignissen im Juli 2002 und im Januar 2003 nach rund 10 Jahren wieder ein größeres Hochwasser in Braunschweig. Die Ende Mai 2013 an Schunter, Wabe und Mittelriede gemessenen höchsten Pegelstände lagen zwar noch rund 20 cm unter denen von 2002, aber nur der Umstand, dass der vorhergesagte weitere Regen dann doch nicht fiel, bewahrte die Stadt und die Bevölkerung vor Schlimmerem.

Die Stadt Braunschweig hat sich nach diesen Erfahrungen und vor dem Hintergrund sich häufender Hochwässer in Deutschland dafür entschieden, ein Hochwasserschutzkonzept für das Stadtgebiet zu erstellen, um gut auf künftige große Hochwasserereignisse vorbereitet zu sein. Die Notwendigkeit zu handeln hat sich mit dem Hochwasserereignis von 2017 nochmals bestätigt.

Im Hochwasserschutzkonzept werden zwei gleichrangige Ziele verfolgt:

- zum einen soll den kommunalen Entscheidungsträgern aufgezeigt werden, welche baulichen Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes möglich sind,
- zum anderen sollen allen Bürgerinnen und Bürgern Informationen an die Hand gegeben werden, damit sich diese in eigener Verantwortung auf ein Hochwasser oder eine Überflutung infolge eines Starkregens einstellen können.

Dabei soll der bauliche Hochwasserschutz Schäden mindern, die bei Flusshochwässern eintreten, die statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten sind (Jahrhunderthochwässer). Als eine wesentliche Entscheidungsgrundlage wird für die möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen das jeweilige Nutzen-Kosten-Verhältnis ermittelt, das die Maßnahmen in eine Rangfolge bringt. Für die spätere praktische Umsetzung der Maßnahmen ist die Mitwirkung von Anwohnern, Trägern öffentlicher Belange und weiteren Interessensvertretern erforderlich. Dieser Beteiligungsprozess steht noch bevor.

Die Informationen für die Bürgerinnen und Bürger zeigen die Gefährdungen durch Flusshochwässer für verschiedene Häufigkeiten. Zusätzlich wird verdeutlicht, dass auch fernab der Gewässer durch ansteigendes Grundwasser oder infolge kleinräumiger Starkregenereignisse Schäden entstehen können. Für den Objektschutz in Eigenverantwortung gibt das Konzept allgemeine praktische Hinweise, zum Beispiel den 10-Punkte-Hochwassercheck. Es macht deutlich, dass auch jeder Einzelne in der Pflicht ist, im Rahmen des ihm Möglichen und Zumutbaren geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung zu treffen.

Für das vorliegende Hochwasserschutzkonzept gab es keine rechtliche Verpflichtung und keine bindenden Vorgaben. Es wurde speziell für die spezifischen Verhältnisse in Braunschweig mit der HGN Beratungsgesellschaft mbH als externem Gutachter und mit Unterstützung des Wasserverbands Mittlere Oker und der Stadtentwässerung Braunschweig GmbH erstellt.

2 Grundlagen

Die rechtlichen Grundlagen zum Hochwasserrisikomanagement stellen sich auf den verschiedenen Handlungsebenen wie folgt dar:

2.1 Europäische Union

Übergeordnete Europäische Richtlinie ist die Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken¹ - Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL). Diese verpflichtet die Mitgliedsstaaten zum Hochwasserrisikomanagement mit dem Ziel der Verringerung der nachteiligen Folgen von Hochwasser. Die Richtlinie verpflichtet nicht zum technischen Hochwasserschutz, sondern vielmehr zur Schaffung eines Hochwasserrisikobewusstseins. Die Umsetzung der Richtlinie erfolgt in drei Schritten, die im Sechsjahres-Zyklus überprüft und ggf. aktualisiert werden:

1. Zunächst wurde bis Ende 2011 für alle Flussgebiete in der Union das Hochwasserrisiko vorläufig bewertet. Die Bewertung erfolgte anhand der Grenzen der sogenannten Flussgebietseinheiten und nicht anhand politischer Grenzen. Zur Bewertung wurden vorhandene und leicht verfügbare Informationen herangezogen, wie etwa historische Aufzeichnungen. Damit sollten die Gebiete identifiziert werden, für die ein potenzielles signifikantes Hochwasserrisiko besteht oder für wahrscheinlich gehalten wird.
2. Auf Grundlage des ersten Schritts wurden bis Ende 2013 für die potenziell gefährdeten Bereiche sogenannte Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten erstellt. Die Hochwassergefahrenkarten stellen jeweils für ein seltenes, ein mittleres und ein häufiges Hochwasser die überfluteten Bereiche und die Wassertiefen dar, während die Hochwasserrisikokarten die potentiellen Schäden der verschiedenen Hochwässer bezüglich der oben genannten Schutzgüter aufzeigen.
3. Abschließend wurden bis Ende 2015 für die gefährdeten Bereiche Hochwasserrisikomanagementpläne aufgestellt, die konkrete Maßnahmen zur Bewältigung der Hochwasser aufzeigen. Der Hauptansatz liegt dabei nicht im technischen Bereich, sondern vielmehr im Bereich der Vorsorge und der Information der Anwohner.

Die Zuständigkeit für die Bewertung von Hochwasserrisiken, die Bestimmung von Risikogebieten, die Erstellung von Gefahren- und Risikokarten, die Aufstellung von Risikomanagementplänen, einschließlich Koordination einer aktiven Beteiligung der interessierten Stellen liegt in Niedersachsen beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN). Das Land Niedersachsen hat entsprechende Karten veröffentlicht². Aktuell läuft der zweite Zyklus, der teilweise zu einer Überarbeitung geführt hat.

Des Weiteren sieht die HWRM-RL vor, Synergieeffekte zur Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EGWRRL 2000/60/EG)³ zu nutzen. Die EG-WRRL gibt den wasserpolitischen Rahmen innerhalb der EU zur Stärkung einer nachhaltigen umweltverträglichen Wassernutzung. Sie verpflichtet zur Erreichung eines „guten ökologischen Zustandes“ der Oberflächengewässer.

¹ http://www.bmubund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hwrm_rl.pdf

² http://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/eghochwasserrisikomanagementrichtlinie/gefahren_und_risikokarten/gefahren--und-risikokarten-116763.html

³ http://www.umwelt.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=2300&article_id=8109&psmand=10

2.2 Bund

In Deutschland wurde die HWRM-RL mit der Novelle des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushalts – Wasserhaushaltsgesetz – (WHG) zum 1. März 2010 in nationales Recht umgesetzt.

Neben den Instrumenten der HWRM-RL schreibt der Bundesgesetzgeber die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten vor. Danach sind Flächen, die statistisch gesehen einmal in hundert Jahren überschwemmt werden können, als Überschwemmungsgebiete festzusetzen.

Überschwemmungsgebiete sollen sicherstellen, dass künftig

- keine Maßnahmen durchgeführt werden, die den Hochwasserabfluss behindern,
- keine Baumaßnahmen durchgeführt werden, die später durch Hochwasser gefährdet sind,
- die vorhandenen Rückhalteräume freigehalten werden.

Kraft Gesetzes gelten in einem Überschwemmungsgebiet Nutzungseinschränkungen. Untersagt ist beispielsweise die Ausweisung von neuen Baugebieten, die Errichtung oder Erweiterung baulicher Anlagen und von Mauern, Wällen oder ähnlichen Anlagen quer zur Fließrichtung des Wassers, das Aufbringen und Ablagern von wassergefährdenden Stoffen, die Ablagerung von Gegenständen, die den Wasserabfluss behindern können oder die fortgeschwemmt werden können, das Erhöhen oder Vertiefen der Erdoberfläche, das Anlegen von Baum- und Strauchpflanzungen, die Umwandlung von Grünland in Ackerland und die Umwandlung von Auwald in eine andere Nutzungsart. Sämtliche Verbote sowie die Voraussetzungen unter denen die Untere Wasserbehörde Ausnahmen zulassen kann, können in §§ 78 und 78a WHG nachgelesen werden⁴.

2.3 Land

Zeitgleich mit der Novellierung des WHG wurde ebenfalls mit Wirkung vom 1. März 2010 das Gesetz zur Neuregelung des Niedersächsischen Wasserrechts (NWG) erlassen. Infolge der Föderalismusreform regelt der Bund das Wasserhaushaltsrecht grundsätzlich abschließend. Niedersachsen hat im Rahmen der Abweichungskompetenz im fünften Abschnitt des NWG vor allem verfahrensrechtliche Regelungen sowie Zuständigkeiten zu „Gewässerausbau, Deich-, Damm- und Küstenschutzbauten“ und im sechsten Abschnitt zum „Hochwasserschutz“ getroffen. Das Umweltministerium wurde zudem ermächtigt, durch Verordnung die Gewässer oder Gewässerabschnitte zu bestimmen, bei denen durch Hochwasser nicht nur geringfügige Schäden entstanden oder zu erwarten sind.

Im Stadtgebiet von Braunschweig wurden die Gewässer Oker, Schunter und Wabe / Mittelriede bestimmt. Für diese Gewässer wurden Überschwemmungsgebiete festgesetzt.

2.4 Kommunale Ebene

Nach § 1 Baugesetzbuch (BauGB) haben die Gemeinden im Rahmen ihrer allgemeinen Daseinsvorsorge einen ausreichenden Hochwasserschutz für besiedelte Flächen zu gewährleisten und allgemeine Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung zu erfüllen. Dazu gehört auch der Hochwasserschutz für Siedlungsbereiche. Nach § 5 und § 9 des BauGB sind in den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen die im Interesse des Hochwasserschutzes freizuhaltenden Flächen darzustellen.

⁴ http://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/wasser/pdf_wasser/gesetze/WHG.pdf

Um die von Hochwässern ausgehenden Gefahren für Leib und Leben, die menschliche Gesundheit und erhebliche Sachwerte abzuwehren, haben die Gemeinden im Rahmen der allgemeinen Gefahrenabwehr auch Vorbereitungen zu treffen, um künftige Gefahren abwehren zu können (§ 1 Abs. 1 Nds. SOG). Bei der Frage, wie die Gemeinden Gefahren abwehren, die von einem Hochwasser ausgehen, gibt es sehr weite Ermessensspielräume. Von der Information der Betroffenen mit der Aufforderung zur Selbsthilfe über die Maßnahmen der Gefahrenabwehrkräfte im Hochwasserfall bis hin zum baulichen Hochwasserschutz.

2.5 Bürgerinnen und Bürger

Nach § 5 Abs. 2 WHG ist jeder Betroffene im Rahmen der eigenen Möglichkeiten verpflichtet, geeignete Maßnahmen zum Schutz vor Hochwassergefahren zu treffen: „Jede Person, die durch Hochwasser betroffen sein kann, ist im Rahmen des ihr Möglichen und Zumutbaren verpflichtet, geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung zu treffen, insbesondere die Nutzung von Grundstücken den möglichen nachteiligen Folgen für Mensch, Umwelt oder Sachwerte durch Hochwasser anzupassen.“

2.6 Wasserrechtliche Verfahren für Hochwasserschutzmaßnahmen

Die im Folgenden dargestellten Hochwasserschutzmaßnahmen, die als Linienschutz konzipiert sind, sollen in der Regel als Verwallungen oder Mauern ausgeführt werden. Nach § 67 Abs. 2 WHG stehen Deich- und Dammbauten, die den Hochwasserabfluss beeinflussen einem Gewässerausbau gleich und bedürfen daher eines Planfeststellungsverfahrens bzw. einer Plangenehmigung. Die ebenfalls im Folgenden betrachtete Retentionsmaßnahme südöstlich der Ortslage Rautheim stellt einen Gewässerausbau dar und bedarf eines wasserrechtlichen Planfeststellungsverfahrens. Darüber hinaus wäre der Regionalverband Großraum Braunschweig als untere Landesplanungsbehörde zu beteiligen. Sofern ein derartiges Vorhaben als raumbedeutsame Planung oder Maßnahme von überörtlicher Bedeutung angesehen wird, wäre vorab ein Raumordnungsverfahren durchzuführen.

2.7 Ergebnis

Für die Erstellung eines Hochwasserschutzkonzeptes gibt es keine über die allgemeine Daseinsvorsorge hinausgehende konkrete rechtliche Verpflichtung und keine bindenden inhaltlichen Vorgaben. Eine rechtliche Verpflichtung, bestimmte Hochwasserschutzmaßnahmen durchzuführen, besteht nicht.

3 Bearbeitungsmethodik

Zu Beginn der Erarbeitung des Hochwasserschutzkonzeptes erfolgte eine umfassende Bestandserhebung (siehe Kap. 9). Die Daten wurden gesichtet, auf ihre Relevanz analysiert und für die weitere Bearbeitung aufbereitet. Datenlücken wurden sukzessive durch eigene Erhebungen geschlossen.

Die Bestandssituation im Hinblick auf die Gefahren und Risiken durch Hochwasser wurde anschließend detailliert analysiert, um darauf aufbauend Maßnahmen zur Vermeidung und zur Verminderung von Hochwasserfolgen abzuleiten. Dabei wurde unterschieden zwischen oberflächlich bzw. in Klein- und Kleinstgewässern abfließendem Wasser als Folge kleinräumiger Starkregenereignisse und Hochwasser an den größeren Gewässern Oker, Schunter und Wabe / Mittelriede, die als Flusshochwasser definiert wurden.

Der Schwerpunkt des Hochwasserschutzkonzeptes wurde auf die Entwicklung, Bewertung und Priorisierung baulicher Hochwasserschutzmaßnahmen in Bezug auf Flusshochwasser gelegt. Flankierend wurden Maßnahmen der nicht-technischen Hochwasservorsorge (z. B. Eigenvorsorge) und des natürlichen Wasserrückhalts identifiziert.

4 Flusshochwasser

4.1 Bestandsaufnahme

4.1.1 Datenrecherche

Zu Projektbeginn wurde eine Bestandserhebung durchgeführt, die im weiteren Projektverlauf sukzessive mit weiteren Informationen und Erkenntnissen ergänzt wurde. Die Daten entstammen unterschiedlichsten Quellen. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die Daten zunächst nach den Gewässern und anschließend thematisch geordnet. Dazu wurden zunächst fünf Hauptgruppen gebildet:

- Allgemeine und gewässerübergreifende Informationen
- Informationen zur Oker
- Informationen zur Schunter
- Informationen zu Wabe / Mittelriede
- Informationen zu Kleingewässern, Kanalisation, Starkregen und Sturzfluten

Eine Auflistung der recherchierten Daten ist in Kapitel 9 sowie in der Vorstudie⁵ zu finden. Soweit möglich, sind alle Daten in einen räumlichen Bezug gesetzt worden. Dazu sind entsprechende GIS-gestützte Verortungen (z. B. von Luftbildern abgelaufener Hochwasserereignisse) erfolgt, um eine visuelle Direktverknüpfung der unterschiedlichen Informationen als Grundlage für die weitere Konzeptbearbeitung zu ermöglichen. Ältere Daten ohne Raumbezug wurden digitalisiert bzw. konvertiert und anschließend georeferenziert.

4.1.2 Auswertung abgelaufener Hochwasserereignisse

In Braunschweig gab es während der letzten Jahrhunderte immer wieder Hochwasserereignisse, die die Relevanz des Themas „Hochwasserschutz“ verdeutlichen. Die frühesten bisher bekannten Aufzeichnungen gehen dabei bis in das Jahr 1342 zurück. In der jüngeren Vergangenheit liegen insbesondere für die Hochwasserereignisse der Jahre 1946, 1956, 1994, 2002, 2013 und 2017 verwertbare Informationen vor. Alle

⁵ STADT BRAUNSCHWEIG (O.J.): http://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/wasser/hws_vorstudie.php

recherchierten Informationen (Karten, Luftbilder, Hochwassermarken) sind GIS-technisch aufbereitet worden. Anlage 1 zeigt die rekonstruierten Überflutungsflächen.

4.1.2.1 Hochwasser 1946

Im Februar 1946 kam es durch starke Niederschlagsereignisse in fast ganz Nordwestdeutschland zu großen Überschwemmungen. Im Binnenland fiel innerhalb von sieben Tagen die zwei- bis dreifache durchschnittliche Monatsmenge an Niederschlag. Dadurch erreichte die Oker den höchsten bisher gemessenen Abflusswert von ca. 150 m³/s. Der durchschnittliche Abfluss der Oker beträgt ca. 6 m³/s.

Da der Boden durch die niedrigen Temperaturen gefroren war, konnte das Wasser kaum versickern, die natürlichen Retentionsflächen waren bald aufgefüllt und es kam zu einem plötzlichen „Regenhochwasser“. In Braunschweig waren große Teile der Innenstadt überflutet, vermutlich waren auch die Brückendurchlässe zum Teil noch durch Kriegstrümmer versperrt. Die ersten Überflutungen wurden am 8. Februar beobachtet, am 10. und 11. Februar sank das Wasser in der Innenstadt wieder ab.



Abbildung 4-1 Okerhochwasser 1946 – Blick in die Münzstraße

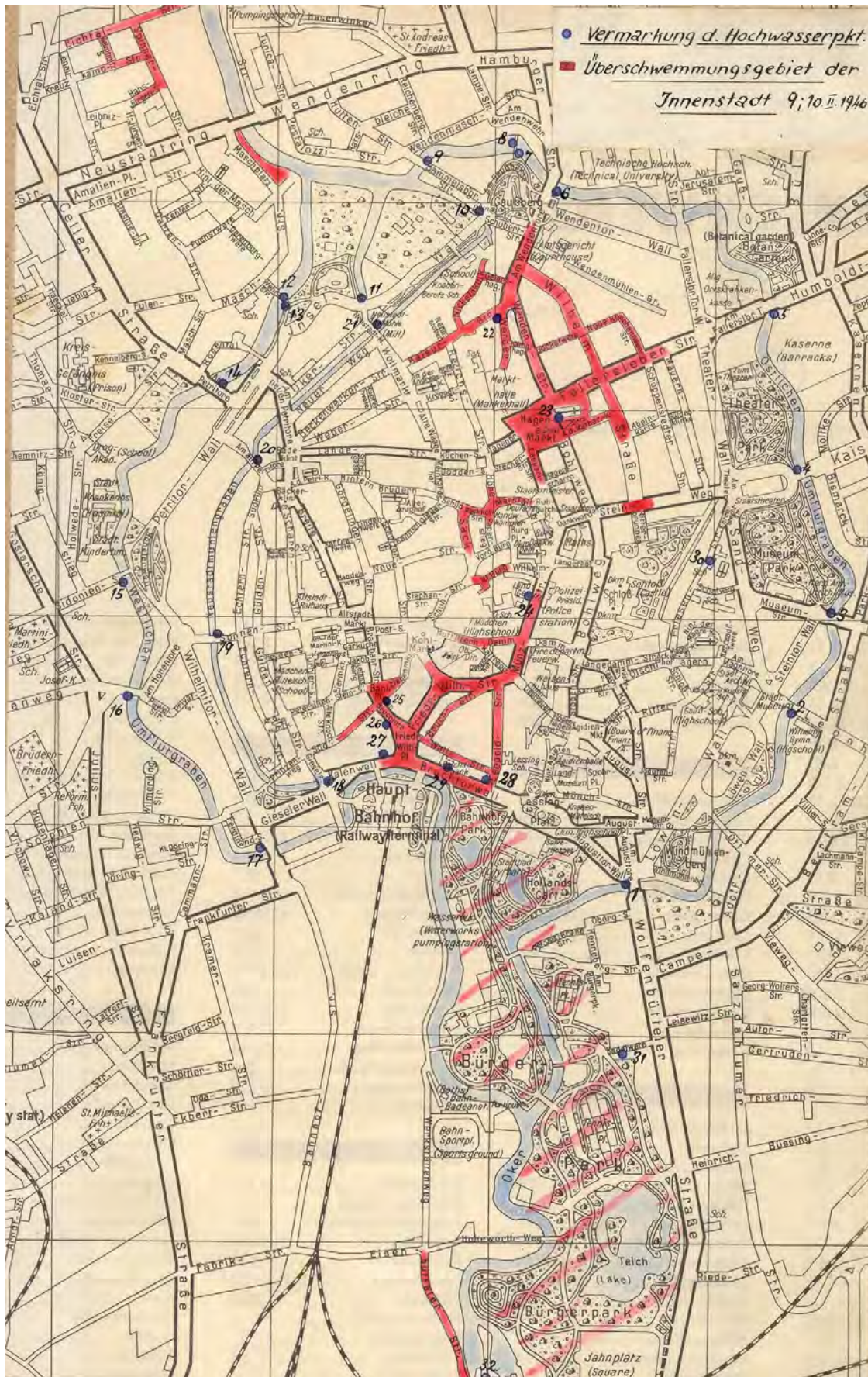


Abbildung 4-2 Okerhochwasser 1946 – Karte der überschwemmten Bereiche (rot markierte Flächen)

Im Stadtgebiet existieren vereinzelt Hochwassermarken, in entsprechenden Plänen sind zudem gemessene Wasserstände verzeichnet.

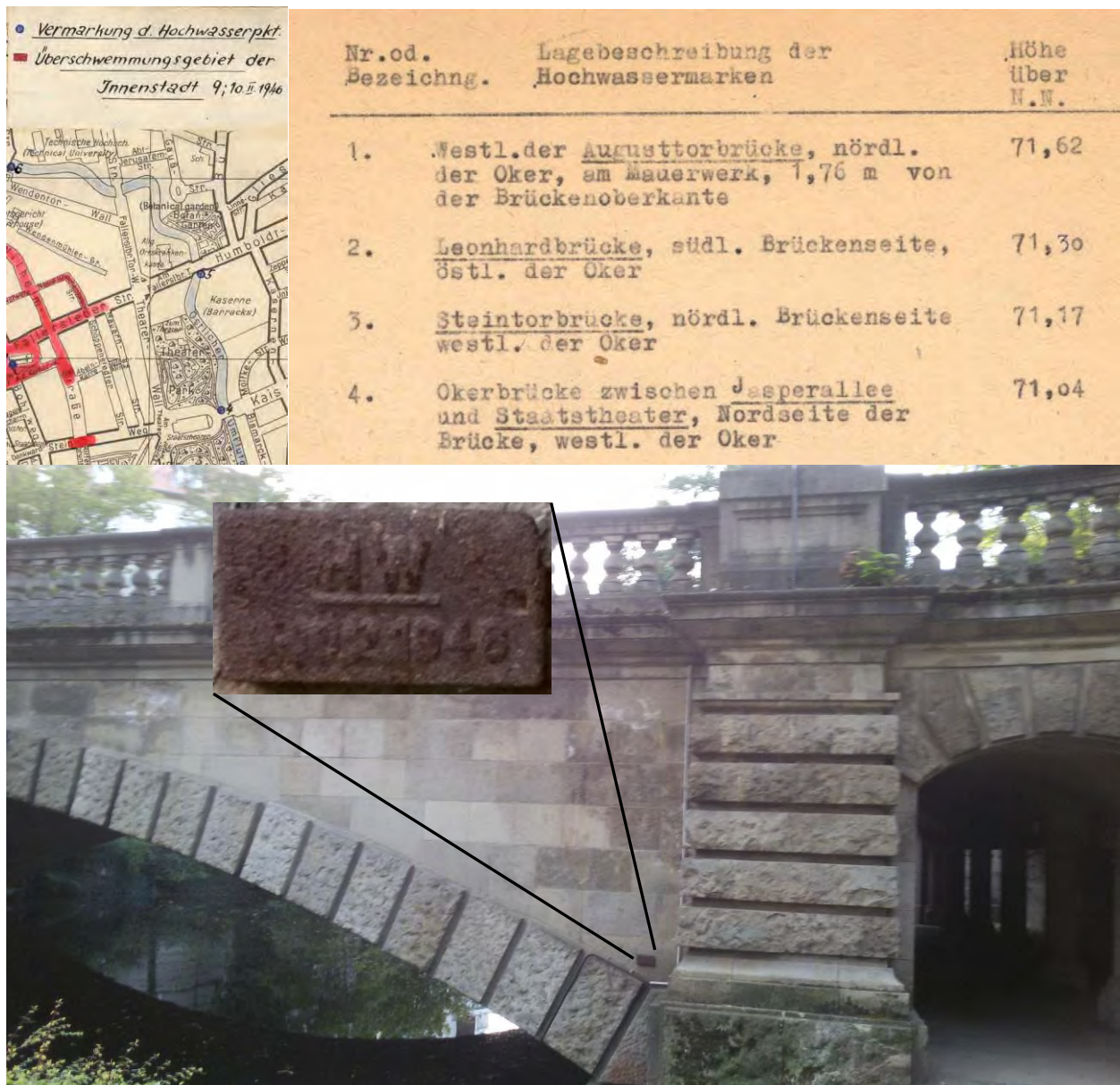


Abbildung 4-3 Okerhochwasser 1946 – Hochwassermarken

4.1.2.2 Hochwasser 1956

Das Hochwasser ist für die Wabe/Mittelriede dokumentiert. Die Überschwemmungen betrafen den Bereich des Malerviertels.



Abbildung 4-4: Hochwasser an Wabe/Mittelriede 1956 – Berliner Straße

4.1.2.3 Hochwasser 1994

Mitte April des Jahres 1994 kam es in Braunschweig zum stärksten Hochwasser seit 1946. Der Abfluss der Oker erreichte einen Wert von ca. $105 \text{ m}^3/\text{s}$, was den bis dahin größten gemessenen Abfluss am Pegel Ohrum seit Inbetriebnahme der Okertalsperre bedeutete.

Die hohen Abflusswerte wurden zudem dadurch begünstigt, dass die Okertalsperre im Harz ausgelastet war und kein Wasser mehr aufnehmen konnte.

Bei dem Hochwasserereignis wurden unter anderem die Mühle Rüningen und die Gießerei des Braunschweiger Hüttenwerkes in Meverode überschwemmt, das Jugendzentrum Stöckheim wurde stark beschädigt.



Abbildung 4-5: Okerhochwasser 1994 – überschwemmte Flächen (Auszug)

4.1.2.4 Hochwasser 1998

Im Oktober und November 1998 kam es im Einzugsgebiet von Weser, Aller und Leine zu Hochwasser und daraus resultierenden Überschwemmungen. Auch das Stadtgebiet Braunschweig war davon betroffen. Da der Oktober als ein Monat galt, in dem Hochwasserereignisse nur selten auftreten, kam das Hochwasser überraschend.

Ausgelöst wurde es durch die für diese Jahreszeit ungewöhnlich hohen Niederschlagsmengen. Der Niederschlag betrug in Niedersachsen im Landesdurchschnitt im Oktober 203 mm, was ca. 360 Prozent der mittleren Monatsmenge entspricht. In Braunschweig betrug die Niederschlagsmenge im Oktober 150 mm, was 340 Prozent des normalen Monatsniederschlages entspricht.

Durch das Hochwasser kam es unter anderem durch Ernteauffälle zu erheblichen Schäden in der Landwirtschaft. Flächenhafte Dokumentationen liegen nicht vor.

4.1.2.5 Hochwasser 2002

Im Zeitraum vom 16. bis 24. Juli 2002 kam es erneut zu einem großen Hochwasser in Braunschweig. Ursachen hierfür waren Starkregenereignisse in Harz und Elm, aber auch der Starkregen im Stadtgebiet Braunschweigs, der zwischen dem 16. und 18. Juli 2002 fiel. Das Hochwasserereignis fiel in eine vegetationsstarke Zeit, so dass die Vorfluter durch den Bewuchs im und am Gewässer und durch Treibgut weniger leistungsfähig waren und so die Pegelstände durch verzögerten Abfluss im Gewässer höher als normal ausfielen.

Der Abfluss der Oker erreichte einen Wert von ca. 100 m³/s. Die Talsperren im Harz konnten dabei größere Wassermengen zurückhalten und die zusätzliche Hochwassersteuerung der Wehre im Stadtgebiet sorgte dafür, dass es hier nicht zu größeren Schäden kam.

In der Schunter lag der Wert nach einer Abschätzung des NLWKN bei ca. 40 m³/s – eine Abflussmessung wurde allerdings nicht durchgeführt. Eine Simulation mittels eines hydraulischen Modells ergab Anhaltspunkte dafür, dass ein Abfluss nahe dem hundertjährigen Ereignis vorgelegen hatte. Es wurden die höchsten Wasserstände seit Beginn der Aufzeichnungen registriert. Die überfluteten Bereiche stimmten in etwa mit denen eines berechneten 100-jährlichen Hochwasserereignisses überein.

Die Hochwasserschäden, die im gesamten Stadtgebiet Braunschweig auftraten, hatten ein Ausmaß wie seit vielen Jahrzehnten nicht mehr. Schwerpunkte der Schäden waren zunächst die Innenstadt, die Bereiche nahe der Oker, im weiteren Verlauf das westliche Ringgebiet, der Bereich um den Schölkegraben, Stöckheim, Rünigen, Leiferde, Timmerlah, die Weststadt und in den folgenden Tagen die Bereiche Kälberwiese, Wenden, Ebertallee, Querum, Schundersiedlung und Rühme. Zu Personenschäden kam es nicht. Im darauffolgenden Januar 2003 erreichte ein Hochwasser der Schunter annähernd die Wasserstände vom Juli 2002.

4.1.2.6 Hochwasser 2013

Ende Mai 2013 kam es in ganz Deutschland aufgrund der hohen Sättigung der Böden und anschließender Starkregenereignisse zu großflächigen Überflutungen. In Braunschweig regnet es im Mai durchschnittlich 57,3 l/m², im Jahr 2013 fielen in der gleichen Zeit bis zu 319 l/m², also die fünffache Menge. Der Okerpegel Schladen erreichte am 27.05.2013 mit einem Pegelstand + 335 cm seinen Höchststand. Ca. 19 Stunden später (am 28.05.2013) erreichte auch der Oker-Pegel Ohrum seinen höchsten Stand mit + 408 cm und einer Abflussmenge von ca. 60 m³/s.

Durch extrem hohe Zuflüsse der Altenau und des Brückenbachs in Wolfenbüttel wurde der höchste Durchfluss der Oker in Braunschweig am 29.05.2013 mit bis zu 70 – 80 m³/s erreicht.

Die hohen Grundwasserstände haben wieder – wie im Jahre 2002 – auch abseits der größeren Gewässer zu Schäden geführt. Das Maihochwasser 2013 hat rückblickend betrachtet in seiner Gesamtheit wesentlich geringere Schäden als das Hochwasser 2002/2003 verursacht. Dies schließt nicht aus, dass es in Einzelfällen zu höheren bzw. erstmalig zu Schäden gekommen ist.

Feststellen ließ sich, dass sowohl die Bürgerinnen und Bürger als auch die Einsatzkräfte in diesem Jahr besser auf das Hochwasser vorbereitet waren. Sicherungs- und Hilfsmaßnahmen wurden zügig umgesetzt. Auch die Ausrüstung der Feuerwehr und Stadtentwässerung Braunschweig GmbH war der Hochwassersituation gut angepasst, ist aber noch optimierungsfähig (siehe Hochwasserbericht Mai 2013 der Stadt Braunschweig).

Dabei muss beachtet werden, dass das Maihochwasser 2013 nicht die Ausmaße des Hochwassers 2002/2003 erreicht hat. Dies hat zu einer geringeren Zahl von Einsätzen geführt, die sich geordnet abarbeiten ließen. Festzuhalten bleibt: Hätte es im Mai 2013 noch zwei bis drei Tage länger ergiebig geregnet, wäre die Situation insbesondere im Bereich der Schuntersiedlung eine ganz andere geworden.

Das Hochwasser 2013 hat erneut die Notwendigkeit von Hochwasserschutzmaßnahmen aufgezeigt. Im Bereich der Kälberwiese sind die Hochwasserschäden 2013 verglichen mit dem Hochwasser 2002/2003 wesentlich geringer ausgefallen und basierten weitgehend auf erhöhten Grundwasserständen. Die Hochwasserschutzmaßnahmen an der Kleinen Mittelriede (Hochwasserrückhaltebecken), das optimierte Pumpwerk Triftweg sowie das Ableiten von Regenwasser in die Regenwasserkanalisation im Madamenweg und der Hildesheimer Straße haben wesentlich dazu beigetragen.

4.1.2.7 Hochwasser 2017

Ende Juli 2017 kam es in ganz Deutschland aufgrund von Starkregenereignissen zu großflächigen Überflutungen. Besonders betroffen waren dabei das nördliche Harzvorland und der Harz, hier sind bis zu 250 mm Niederschlag an einem Tag gefallen. Dies führte zu einem neuen Höchststand am Pegel Schladen an der Oker, der ca. einen halben Meter über den bisherigen Maximalwerten des Zeitraums 1950 – 2017 lag. Auch am Pegel Ohrum wurden die bisherigen Höchstwerte seit dem Bau der Talsperren im Harz um gut 10 cm überschritten. Aufgrund des geringen Füllgrads der Talsperren im Sommer 2017 konnten hier erhebliche Anteile des Hochwassers zurückgehalten werden, an Oker und Ecker zusammen rund 13 Mio. m³.

Die Niederschläge in weiterer Entfernung zum Harz und im Stadtgebiet Braunschweigs sind dagegen geringer ausgefallen, hier sind um ca. 100 mm an drei Tagen gefallen. Die Hochwasserwelle hat sich damit Richtung Norden nicht weiter aufgebaut, so dass in Braunschweig die bisherigen Höchststände nicht überschritten wurden. Statistisch wird dem Ereignis in Braunschweig eine Wiederkehrwahrscheinlichkeit von ca. 20 Jahren zugeordnet (entspricht in etwa dem sogenannten HQ_{häufig}). Schwerpunktmäßig war der Bereich Pestalozzistraße betroffen. Die Hochwasserschutzanlage an der Spinnerstraße hat ihre Funktion erfüllt.

Auch an Wabe/Mittelriede und Schunter wurde die Wiederkehrwahrscheinlichkeit zu ca. 20 Jahren abgeschätzt. Die Höchststände von 2002 / 2013 wurden nicht erreicht.

Aufgrund der Erfahrungen aus der jüngeren Vergangenheit haben die daraus abgeleiteten Maßnahmen und das gute Zusammenwirken der Einsatzkräfte dazu beigetragen, die Schäden in Grenzen zu halten. An der Oker hat sich das Extremereignis im Harz bis zum Stadtgebiet Braunschweig bereits deutlich abgeflacht, da

die Niederschläge im Zwischeneinzugsgebiet nicht im selben Maß fielen wie bei früheren Ereignissen. Die Schwerpunkte im Umfeld des nördlichen Kernstadtgebiets weisen darauf hin, dass hier vermutlich aufgrund der Schlammablagerungen der letzten Jahrzehnte bei gleichem Abfluss mit höheren Wasserständen gerechnet werden muss.

4.1.3 Ergebnisse hydraulischer Berechnungen

Über die in den letzten Jahrzehnten beobachteten Überschwemmungen hinaus können immer auch noch größere Hochwasserereignisse auftreten. Um angemessene Handlungen bezogen auf die damit verbundenen Gefahren und Risiken ableiten zu können, sieht der in Kapitel 2 beschriebene rechtliche Rahmen die Ermittlung der potentiell betroffenen Gebiete anhand von hydraulischen Modellberechnungen vor. Konkret betrifft dies die Gewässer und Gewässerabschnitte, für die gemäß der Verordnung des Niedersächsischen Umweltministeriums vom 26.11.2007 bei Hochwasser nicht nur geringfügige Schäden entstanden oder zu erwarten sind und für die seitens des Landes Überschwemmungsgebiete mit Hilfe von Computermodellen berechnet wurden. Diesen Überschwemmungsgebieten liegt ein Hochwasserereignis zu Grunde, das statistisch einmal in 100 Jahren auftritt (HQ₁₀₀). Der Begriff, gelegentlich gleichgesetzt mit einem „Jahrhunderthochwasser“, ist für die Öffentlichkeit häufig irreführend, da die Eintrittswahrscheinlichkeit „einmal in 100 Jahren“ nicht gleichzusetzen ist mit dem größten Hochwasser der letzten oder der nächsten 100 Jahre. Stattdessen handelt es sich um eine statistische Größe. Die Statistik schließt dabei keineswegs aus, dass ein solches Ereignis innerhalb weniger Jahre mehrfach oder über mehrere Jahrhunderte gar nicht auftritt.

Etwas deutlicher wird die Bedeutung dieses Wertes beim Vergleich konkreter Zahlen. Während das größte Hochwasserereignis der letzten Jahrzehnte im Jahr 2017 an der Oker am Pegel Ohrum einen Scheitelabfluss von ca. 121 m³/s aufwies, muss für HQ₁₀₀ hier von ca. 181 m³/s ausgegangen werden. Die damit verbundenen Überschwemmungsgebiete sind demzufolge i. d. R. größer als das Erfahrungswissen der Bevölkerung. Im Stadtgebiet Braunschweig sind die Überschwemmungsgebiete HQ₁₀₀ für die Gewässer Oker, Schunter und Wabe / Mittelriede anhand von hydraulischen Modellberechnungen ermittelt und im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes festgesetzt worden. Eine Einsicht ist z. B. im Internet möglich ^{6,7}.

Die Gewässer Oker und Schunter sind zudem bereits im ersten Zyklus als Risikogewässer nach der Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (EG-HWRM-RL) klassifiziert. Hierzu wurden hier im Auftrag des Landes alle die Gewässer einer erweiterten Analyse unterzogen, für die „ein potenzielles signifikantes Hochwasserrisiko besteht oder für wahrscheinlich gehalten werden kann“. Im Sinne dieser Richtlinie wird das HQ₁₀₀ nur noch als Hochwasser mittlerer Wahrscheinlichkeit bezeichnet. Darüber hinaus wurden ein seltenes Extremereignis und ein häufiges Hochwasser, welches in etwa dem Erfahrungswissen entspricht, betrachtet. Im zweiten Zyklus ist nun auch die Wabe/Mittelriede als Risikogewässer eingestuft worden. In der Folge sind an allen relevanten Gewässern im Stadtgebiet Braunschweig neue hydraulische Berechnungen zur Hochwassersituation durchgeführt worden.

⁶ STADT BRAUNSCHWEIG (O.J.): http://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/wasser/hochwasserschutz.php

⁷ NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (O.J.): <http://www.umweltkarten-niedersachsen.de>

4.1.3.1 Hydraulische Modellierung

Die zur Bestimmung der Überschwemmungsgebiete verwendeten hydraulischen Modelle wurden auf der Grundlage von Höhendaten aus der Vermessung der Gewässer, von Längs- und Querbauwerken sowie aus dem Digitalen Geländemodell der Stadt Braunschweig erstellt. Weitere Eingangsgrößen sind Parameter zum Fließwiderstandsverhalten (z.B. Bewuchs) und die anzusetzenden Bemessungsabflüsse, die der Gewässerkundliche Landesdienst (GLD) vorgibt. Inzwischen liegen für alle vorgenannten Gewässer zweidimensionale, hydronumerische Modelle auf Grundlage der Software Hydro_As-2d mit Bearbeitungsstand 2019 vor.

An Wabe und Mittelriede sind dazu im Auftrag des NLWKN komplett neue Vermessungsdaten der Gewässerläufe erhoben worden, die auch den Abschnitt der Schunter zwischen Bevenroder Straße und Bienroder Weg umfassten. In der Fläche sind Geländedaten des Landesamts für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) aus einer Laserscannerbefliegung aus dem Jahr 2015 zugrunde gelegt worden. In diesem Zusammenhang ist die Ermittlung der Überflutungsflächen für alle drei genannten Hochwasserszenarien durchgeführt worden. Zum Ansatz kamen dabei Fließwiderstandsbeiwerte für die in jüngerer Vergangenheit überwiegend auftretenden Sommerereignisse mit entsprechendem Aufwuchs.

Auch an der Schunter sind Neuberechnungen für alle drei Szenarien im Auftrag des NLWKN erfolgt. Hier wurden die hydraulischen Modelle auf die zwischenzeitlich durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen und den neuen Datensatz zum Geländemodell des LGLN von 2015 angepasst. Zusätzlich wurde u.a. das Nebengewässer Hagenriede im Braunschweiger Stadtteil Hondelage in die Berechnungen aufgenommen. Die Ergebnisse sind im April 2019 vorgestellt worden und vom NLWKN sowie der Unteren Wasserbehörde bestätigt worden. Die dem Schuntermodell zugrundeliegenden Vermessungsdaten sind teilweise älteren Ursprungs und von sehr unterschiedlicher Qualität und sollten sukzessive aktualisiert werden.

An der Oker ist eine umfassende Neumodellierung des hydraulischen Modells für den Gewässerquerschnitt auf Basis der von der Stadt Braunschweig erhobenen Bathymetriedaten erfolgt. Hiermit wurde die seit Anfang der 1980er-Jahre angewachsene Schlammauflage und die damit verbundene Verringerung des Abflussquerschnitts erfasst. Die Vorlandbereiche basieren weiterhin auf dem städtischen Geländemodell von 2011. Das Modell wurde anhand des Hochwasserereignisses von 2013 kalibriert. Erstmals wurde auch die Funktionsweise des Pumpwerks am Inselwall modelltechnisch berücksichtigt. Auch an der Oker wurden die drei bekannten Hochwasserszenarien neu berechnet.

4.1.3.2 Überschwemmungsgebietskarten

Im Ergebnis der hydraulischen Berechnungen HQ₁₀₀ stehen Überschwemmungsgebietskarten, die einen normativen Charakter aufweisen und damit unmittelbare Rechtsfolgen nach sich ziehen. Über die reine Flächenausdehnung hinaus enthalten die Überschwemmungsgebietskarten i. d. R. keine weiteren wasserwirtschaftlich relevanten Informationen. Die Festsetzung der Überschwemmungsgebiete ist noch auf Basis früherer Modellberechnungen erfolgt. Für die weitere Verwendung im Rahmen des Hochwasserschutzkonzeptes wurden die Ergebnisdaten für HQ₁₀₀ (berechnete Wasserspiegellagen und Strömungsgeschwindigkeiten) aus den aktuellen Berechnungen herangezogen. Durch den Verschnitt mit den Digitalen Geländemodellen aus den Jahren 2011 (Oker) bzw. 2015 (Schunter und Wabe/Mittelriede) sind die Wassertiefen bestimmt worden.

4.1.3.3 Hochwassergefahrenkarten / Hochwasserrisikokarten

Für die Oker, Schunter und Wabe liegen seitens des NLWKN Berechnungen zu weiteren Hochwasserereignissen, einem Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit ($HQ_{\text{häufig}}$, hier HQ_{20}) und einem Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit (HQ_{extrem}) vor. Die berechneten Ausdehnungen und Wassertiefen sind in Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten dargestellt und auch im Internetportal⁷ sowie als PDF-Karten abrufbar⁸.

Für die Bearbeitung des Konzeptes wurden wiederum die Ergebnisdaten der neuesten Modellberechnungen weiterverwendet, die an der Oker einen aktuelleren Stand aufweisen als die Daten des NLWKN.

4.2 Bestandsanalyse

4.2.1 Bewertung der Datenlage

Nach Sichtung und Analyse der recherchierten Unterlagen wurde identifiziert, welche relevanten Informationen zur Hochwassergefahrenlage bzw. zum Umgang mit Hochwasserrisiken bislang vorliegen und wo noch Kenntnislücken bestehen.

Neben einigen Punkten, die zu einer Verbesserung und Aktualisierung des von der SE|BS geführten vorhandenen Hochwasseralarmplans führen könnten, wurden auch Defizite zum Kenntnisstand der Hochwassergefährdung in Bezug auf die Entwicklung ortskonkreter technischer Maßnahmen identifiziert.

Trotz einiger Anstrengungen in den letzten Jahren besteht hier keine homogene Datenlage, insbesondere hinsichtlich der Konsistenz der verwendeten Geländemodelle und der Aktualität der Vermessungsdaten. Im hier vorliegenden Konzept wurde der jeweils aktuellste Stand der hydraulischen Modelle per April 2019 zugrunde gelegt.

4.2.2 Gefährdungsanalyse

4.2.2.1 Oberirdische Überflutungsgebiete

Die aus den Berechnungen des Landes für Schunter und Wabe / Mittelriede vorliegenden Daten wurden zunächst auf Plausibilität geprüft und auch mit den Aufzeichnungen abgelaufener Hochwasserereignisse abgeglichen.

An der Oker wurden die städtischen Berechnungen zugrunde gelegt, hier kann davon ausgegangen werden, dass ein HQ_{20} noch weitgehend schadlos abläuft. Gegenüber den bisherigen Berechnungen ergibt sich bei größeren Abflüssen eine deutlich größere Gefährdungslage der Innenstadt und der südlich und nördlich angrenzenden Bereiche.

Auch an der Schunter kann ein HQ_{20} noch weitgehend schadlos ablaufen. Erstmals zeigen die nun auf einer wesentlich genaueren Datenlage beruhenden Berechnungsergebnisse die real beobachteten Gefährdungen in der Schuntersiedlung und in Rühme. Aus den Ergebnissen lässt sich auch deutlich ableiten, dass sich der Rückstaubereich der Schunter in die Wabe / Mittelriede bis in etwa auf Höhe der Bahnlinie ausbildet. Die Wasserstandsaufzeichnungen der SE|BS vom Hochwasser 2013 zeigen zudem, dass die maximalen Wasserstände im Zulauf zum Mündungsbereich an Schunter und Wabe/Mittelriede durchaus zeitgleich auftreten.

⁸ NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (O.J.):

http://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/eghochwasserrisikomanagementrichtlinie/gefahren_und_risikokarten/gefahren--und-risikokarten-116763.html

Beide Messstellen liegen dabei außerhalb des Rückstaus aus dem Mündungsbereich, so dass eine gegenseitige Beeinflussung nicht ursächlich für die Zeitgleichheit der Scheitelwasserstände ist.

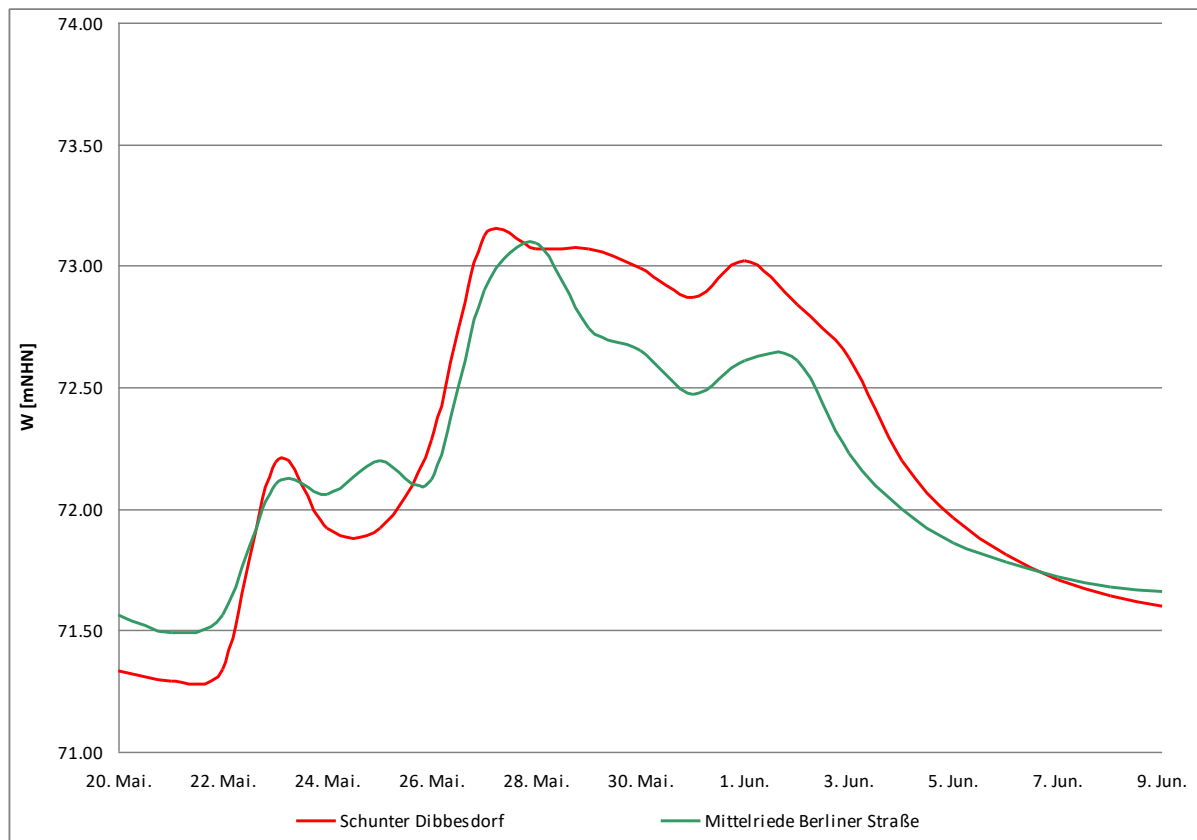


Abbildung 4-6: Wasserstandsganglinien vom Mai / Juni 2013

Auch für Ereignisse größer als dem von 2013 kann dieser Überlagerungseffekt nicht ausgeschlossen werden.

An der Wabe/Mittelriede ist bei einem Ereignis in der Größenordnung HQ_{20} bereits mit größeren Betroffenheiten zu rechnen, so dass zusätzlich dem in einer früheren Berechnung⁹ als weitgehend schadlos definierten Abfluss von ca. 7 m³/s im Stadtgebiet eine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet wurde. Unter Einbeziehung einer extremwertstatistischen Auswertung der Daten des Pegels Niedersickte und der Einzugsgebietsgrößen wurde die Eintrittswahrscheinlichkeit zu ca. einmal in fünf Jahren (HQ_5), bezogen auf ein Winterereignis, bestimmt.

Die beschriebenen Analysen zu den oberirdischen Überflutungsgebieten sind zusammenfassend als Wassertiefendarstellungen in Hochwassergefahrenkarten in den Anlagen 2 bis 4 dokumentiert worden. Bei einmündenden Nebengewässern sind zudem die Rückstaubereiche identifiziert worden, sofern diese nicht in den Modellberechnungen erfasst wurden.

⁹ STADT BRAUNSCHWEIG / HGN HYDROGEOLOGIE GMBH (2006): Ermittlung des vertraglichen Abflusses an Wabe und Mittelriede (unveröffentlicht)

4.2.2.2 Potentiell gefährdete oberirdische Gebiete

Nach den Leitlinien der Bund- / Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wird empfohlen, bei der Ermittlung, Bewertung und Visualisierung von Hochwassergefahren auch die Bereiche zu berücksichtigen, die tiefer als der Hochwasserspiegel liegen, durch natürliche oder künstliche Geländeerhöhungen jedoch keinen unmittelbaren Kontakt zu den Überflutungsflächen haben. Dadurch wird dem Umstand Rechnung getragen, dass sich das Wasser auch durch oberflächennahe durchlässige Schichten, durch nicht abgedichtete Dämme sowie durch den Bruch von Schutzanlagen in die dahinterliegenden Flächen ausbreiten kann.

In den hydraulischen Berechnungen des Landes sind derartige Flächen nur für das Ereignis HQ_{extrem} an der Schunter und Wabe / Mittelriede bestimmt worden. Im Sinne einer einheitlichen Vorgehensweise wurden im vorliegenden Konzept die gefährdeten Gebiete für alle Gewässer durch eine Extrapolation der Wasserspiegellagen HQ_{100} und HQ_{extrem} über die Überflutungsgrenzen hinaus und den Verschnitt mit dem anstehenden Gelände identifiziert. Diese Flächen sind entsprechend der LAWA-Leitlinien nach Wassertiefen klassifiziert worden.

Darin enthalten ist bei HQ_{100} auch die geschützte Fläche im Bereich der Hochwasserschutzanlage Spinnerstraße. Bei HQ_{extrem} muss von einer Überströmung ausgegangen werden. Zusätzlich erfolgte ein Abgleich mit den Rückstau- und Überstauberechnungen der SE|BS, bei denen die Sohlpunkte und Deckelhöhen der Schächte der Regenwasserkanalisation mit dem an der jeweiligen Einleitstelle anstehenden Hochwasserstand verglichen wurden. Die flächig ermittelten gefährdeten Gebiete konnten so anhand von punktuellen Informationen verifiziert werden.

Die gefährdeten Gebiete sind in den Hochwassergefahrenkarten dargestellt. Da für jedes Gebäude im Einzelfall geprüft werden müsste, ob sich angesichts der anstehenden Wassertiefen eine Gefährdung ergibt, sind die gefährdeten Gebiete nur auf den Freiflächen dargestellt.

4.2.2.3 Potentiell gefährdete Keller

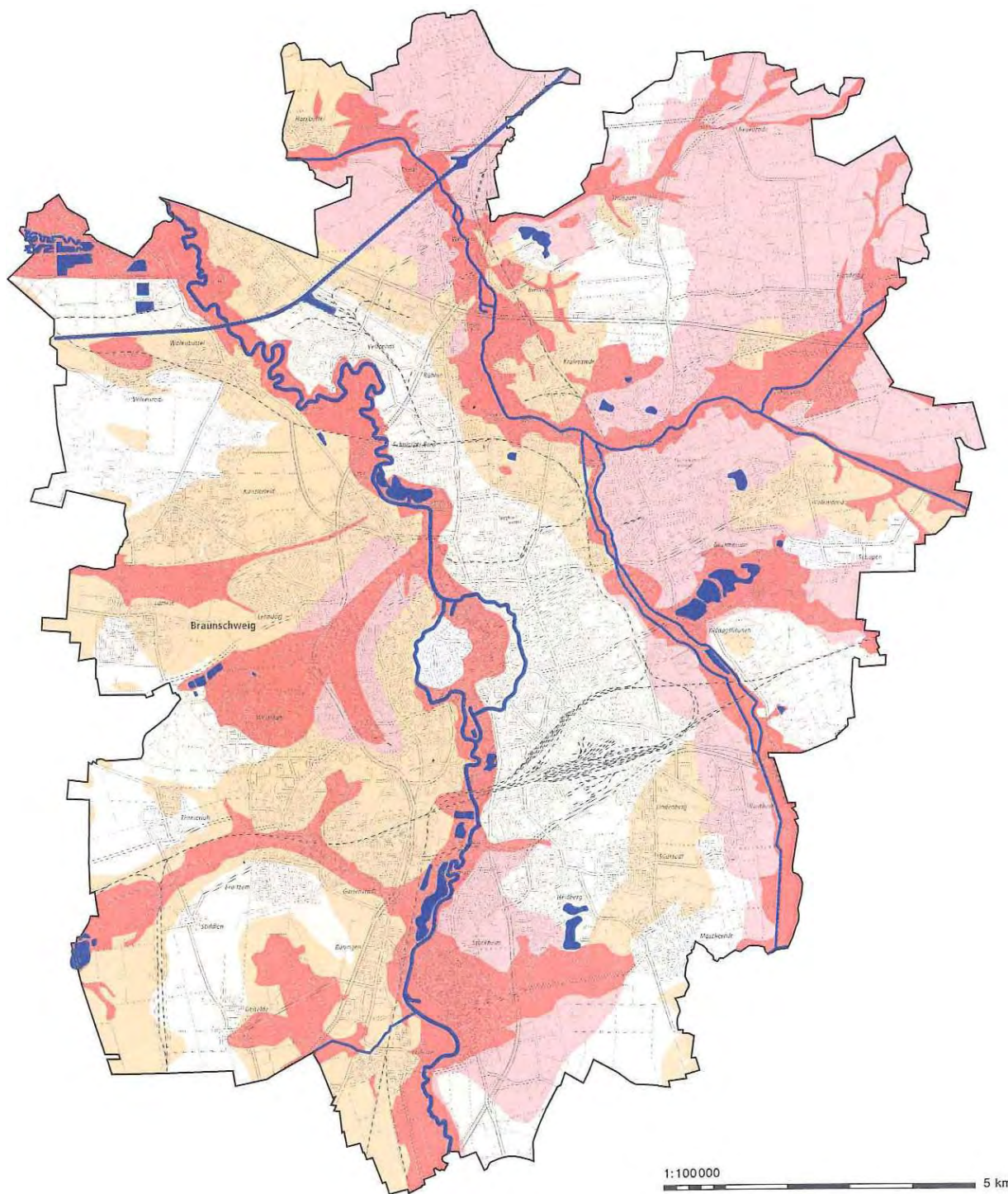
Die vorhandenen Analysen zur Hochwassergefährdung blenden weitgehend aus, dass auch an Gebäuden außerhalb der oberflächigen Überflutungsgrenzen größere Schäden entstehen können, wenn durch Flusshochwasser hohe Grundwasserstände hervorgerufen werden und diese zu Vernässungen von Kellern führen.

Der konkrete Grundwasserstand hängt neben den Hochwasserpegeln von vielen weiteren Faktoren wie der Beschaffenheit des Untergrundes, der Vorsättigung des Bodens und der Dauer des Hochwasserereignisses ab. Zur Berücksichtigung aller Faktoren wäre eine aufwändige, komplexe und gekoppelte Modellierung erforderlich.

Um eine erste vereinfachte Gefährdungsabschätzung vornehmen zu können, wurden die o. g. Faktoren ausgeblendet und der Wasserstand des Flusshochwassers horizontal in den angrenzenden Untergrund projiziert. Da die Wasserspiegellagen an Schunter und Wabe / Mittelriede höher liegen als die der Oker, wurde eine Trennlinie entlang der oberflächigen Einzugsgebiete definiert und im Bereich des östlichen Ringgebiets auf den Straßenverlauf des Hagenrings / Altewiekrings angepasst.

Durch den Verschnitt mit dem anstehenden Gelände wurde die Grenze des Gebiets identifiziert, innerhalb dessen der projizierte Wasserspiegel weniger als 2,0 m unterhalb der Erdoberfläche liegt. Dieses Gebiet markiert den Bereich, in dem von Flusshochwasser hervorgerufene hohe Grundwasserstände und damit mögliche

Vernässungsschäden an Kellern nicht unwahrscheinlich sind. Die Ergebnisse sind in Anlage 8 dargestellt. Darüber hinaus können Vernässungsschäden auch fernab der Gewässer auftreten, sind dann aber i. d. R. nicht Folge eines Flusshochwassers. Zur Identifikation von Gebieten, wo mit oberflächennah anstehendem Grundwasser gerechnet werden muss, wurden im Rahmen des städtischen Umweltatlas 2007 aus bestehenden Messdaten zu erwartende Grundwasserflurabstände abgeleitet und in einer Karte dargestellt, die in der nachstehenden Abbildung wiedergegeben ist. Im Rahmen des vorliegenden Konzepts wurde dieses Gefährdungspotential nicht weiterverfolgt.



Grundwasserstände

- | | |
|---|--|
| Flurabstand ≤ 2 m zu erwarten | Flurabstand selten ≤ 2 m zu erwarten |
| Flurabstand häufig ≤ 2 m zu erwarten | Flurabstand ≤ 2 m unwahrscheinlich |
| Flurabstand teilweise ≤ 2 m zu erwarten | |

Abbildung 4-7: Grundwasserflurabstände gemäß Umweltatlas 2007

4.2.2.4 Einfluss der Okertalsperre

Der Bau der Okertalsperre wurde bereits 1938 begonnen, musste dann aber kriegsbedingt ab 1942 eingestellt werden. Die Fertigstellung erfolgte zwischen 1952 und 1956. Neben Niedrigwasseraufhöhung, Energieerzeugung und Trinkwassergewinnung dient die Talsperre auch dem Hochwasserschutz. Der Bau wurde gerade nach den Hochwassererfahrungen der Jahre 1946/47 vorangetrieben.

Das Staubecken hat ein Fassungsvermögen von ca. 47,4 Millionen m³ und ist somit in der Lage, bei Regeneignissen im Harz Oberflächenwasser zurückzuhalten und mit zeitlicher Verzögerung gezielt abzugeben. Für die Wirksamkeit der Talsperre spricht, dass seit Beginn der Aufzeichnungen am Pegel Ohrum (südlich von Wolfenbüttel) die vier größten Abflussereignisse jeweils vor der Fertigstellung im Jahr 1956 gemessen wurden. In Bezug auf die o. g. hydraulischen Berechnungen und deren Auswertung ist gemäß einer entsprechenden Verordnung des niedersächsischen Umweltministeriums¹⁰ die Wirkung der Talsperre auf die Hochwasserabflüsse zur Ermittlung der Überschwemmungsgebiete HQ₁₀₀ ausgeblendet worden. Im Rahmen der am 22.11.2017 für 30 Jahre erteilten Neubewilligung des Nordharzverbundsystems ist jedoch auch eine verbesserte Hochwasserschutzwirkung der Talsperren vorgesehen. Eine positive Wirkung auf die Wasserspiegellagen in Braunschweig würde sich, bei gleichbleibenden klimatischen Verhältnissen, im Bereich von ca. 10-20 cm bewegen. Aktuell muss jedoch davon ausgegangen werden, dass sich die Hochwasserabflüsse infolge der klimatischen Veränderungen erhöhen, aktuell wird ein Aufschlag von ca. 15 % diskutiert. Das vorliegende Konzept legt daher die aktuellen Vorgaben des Landes zugrunde.

4.2.2.5 Einfluss der Gewässerunterhaltung

Bereits im Vorfeld des vorliegenden Konzeptes sind Überlegungen zur Überprüfung und Anpassung der Gewässerunterhaltung angestellt worden. Dabei ist neben der Sicherstellung des ordnungsgemäßen Abflusses auch die Erhaltung und Förderung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Gewässers als Lebensraum von wildlebenden Tieren und Pflanzen zu beachten.

Für den Hochwasserabfluss an der Oker ist vor allem die Entwicklung der Abflussprofile hinsichtlich der Ablagerung von Feinsedimenten und Schlamm von Interesse. Insbesondere in den stauregulierten Abschnitten ist aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeit eine zunehmende Verlandung zu beobachten, die sich zusätzlich negativ auf die Lebensräume des Makrozoobenthos und die Laichmöglichkeiten von Fischen auswirkt. Auf der Basis hydraulischer Berechnungen¹¹ sind die Auswirkungen der Verlandungen auf den Hochwasserablauf in der Vergangenheit bereits punktuell abgeschätzt worden und es wurde auch versucht, vorhandene Schlammablagerungen zu mobilisieren. Anhand der nun vorliegenden flächigen Neuerfassung des gesamten Flussbettes der Oker und der Ufer konnte anhand hydraulischer Berechnungen eine erhebliche Relevanz der Schlammablagerungen auf die Hochwasserstände nachgewiesen werden, die sich insbesondere im Bereich der Umfluter bei gleichem Abfluss nun deutlich höher ausbilden. Die aktuelle Fassung des Konzepts berücksichtigt bereits diese Erkenntnisse und zeigt den Handlungsbedarf zum Schutz der Innenstadt und der nördlich angrenzenden Bereiche. Parallel soll künftig untersucht werden, wie durch Maßnahmen der Entschlammung des Flussbettes die Hochwassergefahr gemindert werden kann.

¹⁰ RdErl. D. MU v. 11.11.2016: Empfehlungen zur Feststellung und Festsetzung von Überschwemmungsgebieten

¹¹ STADT BRAUNSCHWEIG / PROF. HARTUNG + PARTNER INGENIEURGESELLSCHAFT MBH (2011): Auswirkungen von Verlandungen in der Oker (unveröffentlicht)

4.2.3 Schwachstellenanalyse

Aus den hydraulischen Berechnungsergebnissen wurden die Bereiche identifiziert, in denen hohe Fließgeschwindigkeiten, sprunghafte Veränderungen der Wasserspiegellagen oder starke Einschnürungen der Überflutungsgebiete auf hydraulische Engstellen (im Folgenden „Engstelle“) hinweisen.

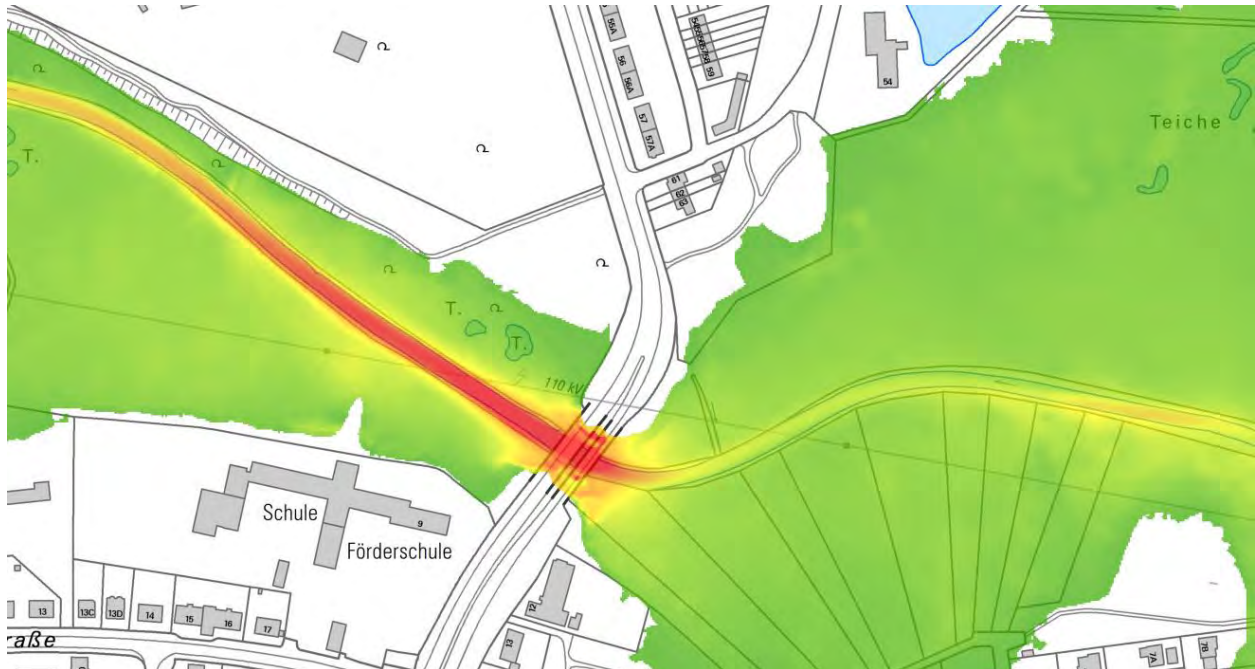


Abbildung 4-8: Hydraulische Engstelle mit Kennzeichnung der Fließgeschwindigkeiten (Beispiel)

Zusätzlich wurden die Stellen identifiziert, wo größere Gebiete am Rande der Überflutungsgebiete gefährdet sind, der Zustrom zu den Gebieten sich jedoch auf kurze Strecken mit niedrigeren Geländehöhen beschränkt (im Folgenden „Schwachstelle“).

Soweit möglich, wurde den gefährdeten Nutzungsstrukturen im Überflutungsgebiet eine Eng- oder Schwachstelle als Gefährdungsursache zugeordnet. Die Gefährdung einiger Überflutungsgebiete ist jedoch schlicht ihrer Höhenlage am Rande des Talraums geschuldet, ohne dass eine lokale Eng- oder Schwachstelle als Ursache benannt werden kann.

Die identifizierten Eng- und Schwachstellen dienten als Grundlage für die spätere Ableitung von potentiellen Maßnahmen.

4.2.4 Risikoanalyse

4.2.4.1 Einleitung

In der Ingenieurwissenschaft wird mit dem Begriff „Risiko“ das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und der Ereignisschwere bzw. des Schadensausmaßes bezeichnet. Bezogen auf Hochwasser wird demnach die Hochwassergefahr mit den hochwasserbedingten nachteiligen Auswirkungen verknüpft. Im Fokus stehen dabei die folgenden vier Schutzgüter:

- Menschliche Gesundheit
- Umwelt
- Kulturerbe

- Wirtschaftliche Tätigkeiten

Um die potentiellen nachteiligen Folgen abschätzen zu können, werden in den Hochwasserrisikokarten in Niedersachsen

- die Anzahl der betroffenen Einwohner als Orientierungswert
- die Art der wirtschaftlichen Tätigkeit im betroffenen Gebiet
- Anlagen gemäß der Richtlinie 2008/1/EG
- ggf. weitere Informationen

dargestellt.

Analog zu den Hochwassergefahrenkarten liegen die Hochwasserrisikokarten im Maßstab 1:25.000 vor. Die Karten in Niedersachsen enthalten keine Angaben zu monetären Schadenspotentialen, hierfür existiert derzeit auch noch keine verbindliche Richtlinie.

4.2.4.2 Ermittlung von Schadenspotentialen

Die Schadenspotentialanalyse dient der Ermittlung von Schadensschwerpunkten im Bearbeitungsgebiet und bildet damit eine wichtige Grundlage für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Hochwasserschutzmaßnahmen und letztlich der Priorisierung dieser Maßnahmen.

Da für Niedersachsen keine verbindliche Methodik existiert, wurde für die Berechnung der Schadenspotentiale des Untersuchungsgebiets die aktuelle Methodik des Thüringer iHWSK-Leitfadens¹² angewandt. In diesem Verfahren werden ausschließlich potentielle Schäden an Gebäuden inklusive des Hausrats bzw. Inventars betrachtet. Folgerichtig werden u.a. Schäden an „Nicht-Gebäude-Flächen“, an der Infrastruktur (z.B. Straßen, Versorgungsleitungen) oder durch Schäden hervorgerufene Betriebsausfälle nicht betrachtet.

Zur Berechnung der Schadenspotentiale wurde das so genannte Standardverfahren nach iHWSK-Leitfaden angewandt. Im Folgenden wird die Vorgehensweise in Bezug zum Betrachtungsgebiet näher dargelegt.

Zur Ermittlung der Schadenspotentiale nach dem Standardverfahren werden zum einen die Gebäudedaten und zum anderen die ereignisbezogenen flächenhaften Wassertiefen benötigt.

Im ersten Schritt wurden anhand der Simulationsergebnisse die potentiell betroffenen Gebäude ermittelt. Diesen Gebäuden wurden Nutzungsarten bzw. -klassen und nutzungsspezifische Vermögenswerte gemäß

¹² TLUG (2018): Leitfaden zur Erstellung von integralen Hochwasserschutzkonzepten in Thüringen

Tabelle 4-1 zugewiesen.

Tabelle 4-1: Ermittelte Gebäudenutzungen mit zugeordneten Vermögenswerten nach iHWSK-Leitfaden

Gebäudenutzung	Nutzungs- klasse	Vermögenswerte [Euro / m ²] *			
		BS	AS	HV	PK
Wohngebäude	1	400/1379	-	100/650	0/235
Produktionsgebäude	2	262	524	5/300	-
Dienstleistungsgebäude	3	300/827	92/100	1-800	-
Verkehrsgebäude	4	300	100	0-235	-
Versorgungsgebäude	5	200	250	0	-
Entsorgungsgebäude	6	200	50	0	-
Gebäude für Land- und Forstwirtschaft	7	100/613	0/481	65	-
Sonstige relevante Gebäude	8	100	0	0	-

* Differenzierte Schadensarten: BS: Bausubstanz, AS: Ausrüstung, HV: Hausrat/Vorrat, PK: PKW

Für jedes Gebäude wurde die maximal auftretende Wassertiefe je berechnetem HQ_T ermittelt und neben der Grundfläche dem Gebäude als Attribut zugeordnet.

Anhand der ermittelten Wassertiefen und auf Basis vorgegebener Schadensfunktionen gemäß dem Leitfaden erfolgte die gebäudespezifische Berechnung des Schädigungsgrads. Die anzuwendenden Schadensfunktionen richten sich dabei nach der Nutzungsklasse und der so genannten Schadensart (Bausubstanz, Ausrüstung, Hausrat/Vorrat oder PKW). In der folgenden Tabelle sind die anzuwendenden Schadensfunktionen den Nutzungsklassen und Schadensarten zugeordnet (Tabelle 4-2). Der Schädigungsgrad wird schadensartspezifisch berechnet (Tabelle 4-3). Die Multiplikation der Schädigungsgrade mit den jeweiligen flächenbezogenen Vermögenswerten ergibt den schadensartspezifischen Schaden bzw. das Schadenspotential in Netto-Euro. In Summe ergibt sich das gebäudespezifische Schadenspotential.

Tabelle 4-2: Anzuwendende Schadensfunktion in Abhängigkeit von Nutzungsklasse und Schadensart

Nutzungs- klasse	Schadensfunktion			
	BS	AS	HV	PK
1	A	-	B	C
2	D	E	F	-
3	D	E	F	-
4	D	E	F	-
5	D	E	F	-
6	D	E	F	-
7	D	G	H	-
8	D	G	H	-

Tabelle 4-3: Schadensfunktionen nach iHWSK-Leitfaden

Schadensfunktion	Berechnung des Schädigungsgrads S [%] anhand der Wassertiefe w [m]							Wertebereich
A	$S = 10 \cdot w$							$S_{\max} = 100\%$ bei 10 m
B	$S = 20 \cdot w$							$S_{\max} = 100\%$ bei 5 m
C	w	0,24	0,25	0,50	0,75	1,0	1,5	$S_{\max} = 30\%$ bei 1,50 m
	S	0	13	13	20	24	30	
D	$S = 10 \cdot w$							$S_{\max} = 50\%$ bei 5m
E	$S = 25 \cdot w$							$S_{\max} = 100\%$ bei 4 m
F	$S = 50 \cdot w$							$S_{\max} = 100\%$ bei 2 m
G	$S = 5 \cdot w$							$S_{\max} = 30\%$ bei 6 m
H	$S = 25 \cdot w$							$S_{\max} = 100\%$ bei 4 m

4.2.4.3 Ermittlung von Gefährdungsintensitäten

Zusätzlich zur Ermittlung von Schadenspotentialen wurden Gefährdungsintensitäten ermittelt. Die Methodik der Ermittlung von Hochwasserintensitäten wird u.a. in Gefahrenkarten des Landes Sachsen genutzt, um kritische Gefährdungsbereiche innerhalb eines abgegrenzten Überschwemmungsgebietes zu identifizieren. Im Gegensatz zu den Schadenspotentialen berücksichtigen die ermittelten Intensitäten auch Fließgeschwindigkeiten bei der Gefahrenbewertung. Maßgeblich für die Flächendarstellung der Intensität ist das Maximum aus der Wassertiefe beziehungsweise dem spezifischen Durchfluss. Die nachstehende Tabelle zeigt die drei in Ansatz gebrachten Intensitätsstufen.

Tabelle 4-4: Stufen der Gefährdungsintensität

Intensitätsstufe	Grenzen der Intensitätsstufen	Gefahrenmerkmale
hoch	$h_w \geq 2,0 \text{ m}$ oder $q = v \cdot h_w \geq 2,0 \text{ m}^2/\text{s}$	Menschen und Tiere auch innerhalb von Gebäuden stark gefährdet, erhebliche Schäden an Gebäuden, plötzliche Gebäudezerstörung
mittel	$2,0 > h_w \geq 0,5 \text{ m}$ oder $2,0 \text{ m}^2/\text{s} > q = v \cdot h_w > 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$	Menschen und Tiere außerhalb von Gebäuden stark, innerhalb von Gebäuden kaum gefährdet, Sachschäden an Gebäuden
niedrig	$h_w \leq 0,5 \text{ m}$ oder $q = v \cdot h_w \leq 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$	Menschen und Tiere außerhalb von Gebäuden kaum gefährdet, Sachschäden an Gebäuden (v.a. Kellerräume)
h _w ...	Wassertiefe [m]	
v...	Fließgeschwindigkeit [m/s]	
q...	spezifischer Durchfluss [Durchfluss pro Meter Breite]	

Neben der flächenhaften Bestimmung der Intensitäten wurden diese auch konkret für jedes Gebäude in Abhängigkeit des Hochwasserereignisses HQ_{gering} , HQ_{100} und HQ_{extrem} bestimmt und in den Maßnahmenblättern in Anlage 10 als Bewertungskriterien geplanter Maßnahmen hinsichtlich des Schutzgutes Mensch herangezogen.

4.2.4.4 Erstellung von Hochwasserrisikokarten

Zur Visualisierung der Schadenspotentiale wurden eigene Hochwasserrisikokarten im Maßstab 1:5.000 für die Hochwasserereignisse HQ_{100} und HQ_{extrem} abgeleitet, in denen die in den Karten des Landes dargestellten Flächen der Gebäude durch die ermittelten Schadenspotentiale je Flächeneinheit ersetzt wurden (siehe Anlagen 5 bis 7). Hiermit wird insbesondere dem Schutzgut der wirtschaftlichen Tätigkeiten Rechnung getragen. Die Darstellungen hinsichtlich der Schutzgüter Umwelt und Kulturerbe wurden unverändert übernommen. Neben den Überflutungsgebieten sind die Schadenspotentiale auch in den gefährdeten Gebieten dargestellt (gelbe Umrandung).

4.3 Entwicklung technischer Hochwasserschutzmaßnahmen

4.3.1 Maßnahmentypen

Die Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes lassen sich in drei wesentlichen Kategorien zusammenfassen:

- I. Absenken des Hochwasserpegels durch Dämpfung der Hochwasserwelle, bevor sie die schützenswerte Nutzungsstruktur erreicht (Hochwasserrückhaltung): Zu den wirksamsten Rückhaltemaßnahmen in kleinen Einzugsgebieten zählen Hochwasserrückhaltebecken (HRB). Hierbei handelt es sich um Stauanlagen quer zum Gewässer, deren primäre Aufgabe darin liegt, die Abflussmenge eines Fließgewässers bei Hochwasser zu regulieren. Zu unterscheiden sind leere Becken (sogenannte Trockenbecken) von teilweise gefüllten Becken (Dauerstaubecken). Bei auflaufendem Hochwasser fließt das Wasser in das Becken hinein und es wird nur ein definierter Teil abgegeben, wodurch der Anstieg der Hochwasserwelle gedämpft wird. Das im Becken zurückgehaltene Wasser wird mit dem ablaufenden Hochwasser wieder in das Gewässer abgegeben. Hierdurch wird der Zeitraum erhöht, jedoch als schadfrei bestimmter, Abflüsse verlängert. Nach dem gleichen Prinzip kann durch angepasste Stauraumbewirtschaftung an steuerbaren Wehren im Gewässer eine Abflussverzögerung oder -drosselung erzielt werden. Das Maß der möglichen Auswirkung hängt stark von der Größe des Gewässers bzw. seines Einzugsgebiets ab. Eine weitere Möglichkeit bieten Flutpolder im Nebenschluss des Gewässers. Hier wird gezielt der Scheitel des Hochwassers in einen Rückhalteraum abgeschlagen und zeitlich verzögert wieder abgegeben.
- II. Absenken des Hochwasserpegels durch Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit: Durch die Beseitigung von Engstellen, den Ausbau des Gewässerquerschnitts, eine intensive Unterhaltung oder die Schaffung von Umflutgerinnen und Flutmulden kann eine Entlastung des Gewässers in besonders sensiblen Bereichen erzielt werden. Die Möglichkeiten sind stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Häufig gehen aufgrund der Abflussbeschleunigung negative Auswirkungen für die Unterlieger einher.
- III. Fernhalten des Hochwassers von den schützenswerten Nutzungsstrukturen (Linien- oder Objektschutz): Barrieren in Form von Dämmen, Verwallungen oder Mauern unterbinden die Ausdehnung

von Überflutungen in sensiblen Gebieten. Da dem Wasser dadurch eine Möglichkeit genommen wird, sich auszubreiten, können Linienschutzmaßnahmen nachteilige Folgen auf die Wasserspiegellagen und die Hochwasserwelle haben, die zu neuen oder zusätzlichen Beeinträchtigungen der Ober- und Unterlieger führen können. Fallweise können starre Linienschutzelemente durch mobile Systeme (Sandsäcke, Sandsackersatzsysteme, Dammbalken) ersetzt bzw. ergänzt werden. Es existiert eine Vielzahl von Systemen am Markt, die Wahl muss jeweils standortspezifisch erfolgen und sollte neben der eigentlichen Schutzwirkung vor allem Randbedingungen wie Lagerbarkeit, Aufbauzeiten, Schulungs- und Wartungsbedarf berücksichtigen.

Zu den Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes zählen auch die Maßnahmen des Objektschutzes, die jeweils nur ein Gebäude betreffen. Hier kann i. d. R. nicht von einem gesteigerten öffentlichen Interesse ausgegangen werden. Vielmehr ist im Rahmen der allgemeinen Sorgfaltspflichten nach § 5 des Wasserhaushaltsgesetzes zuerst der einzelne Eigentümer in der Pflicht, im Rahmen seiner Möglichkeiten geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung zu treffen.

4.3.2 Grundprinzipien der Maßnahmenwahl

Basierend auf den topografischen Gegebenheiten sowie den örtlichen Nutzungsstrukturen in und um Braunschweig wurden folgende sieben Gebietstypen gebildet (siehe Abbildung 4-11):

- Oker – Oberwasserseitig Innenstadt
- Oker – Innenstadt
- Oker – Unterwasserseitig Innenstadt
- Wabe / Mittelriede – Oberwasserseitig Riddagshausen
- Wabe / Mittelriede – Mündungsbereich und Riddagshausen
- Schunter – Oberwasserseitig Mündungsbereich Wabe / Mittelriede
- Schunter – Unterwasserseitig Mündungsbereich Wabe / Mittelriede

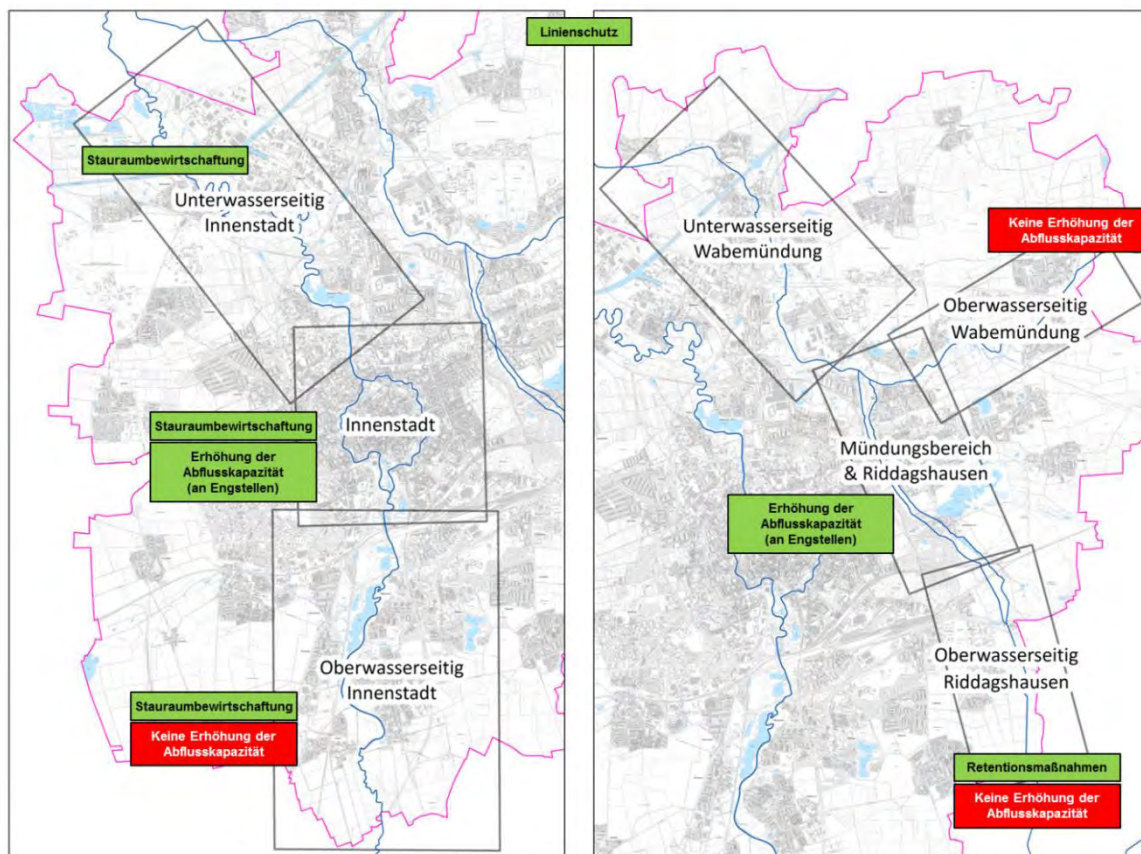


Abbildung 4-9: Definierte Gebietstypen zur Bestimmung charakteristischer Hochwasserschutzmaßnahmen

Oberhalb eines Siedlungsgebietes gilt der Grundsatz, das Wasser so lange wie möglich dem Siedlungsgebiet fernzuhalten, das Wasser also zurückzuhalten. Angesichts der Größe der jeweiligen Einzugsgebiete und des zur Verfügung stehenden Raums im Stadtgebiet sind für große, seltene Hochwasserereignisse wirksame Maßnahmen der Rückhaltung nur an der Wabe realistisch. Auch unter Berücksichtigung der Möglichkeiten im Einzugsgebiet außerhalb der Stadtgrenzen lassen sich zumindest für die Oker keine in der heutigen Kulturlandschaft realisierbaren Rückhaltemaßnahmen finden, die zu einer nennenswerten Entlastung bei großen, seltenen Hochwasserereignissen führen¹³. Darüber hinaus wurde die Bewirtschaftung der Stauräume an der Oker näher betrachtet, allerdings konnte keine signifikante Verbesserung der Lage durch diese Maßnahmen für die relevanten Szenarien festgestellt werden.

Im Bereich von Siedlungsgebieten gilt es daher, das anlaufende Hochwasser schnellstmöglich wieder abfließen zu lassen. Einige vorhandene Engpässe wurden schon in früheren Betrachtungen¹⁴ untersucht und es wurde festgestellt, dass mit baulichen Maßnahmen keine nennenswerte Entlastung in Bezug auf die Hochwassergefährdung von Siedlungsgebieten bei großen, seltenen Hochwasserereignissen erzielt werden kann. Diese Erkenntnis bestätigte sich bei der Analyse weiterer Engstellen im Rahmen des vorliegenden Konzeptes.

¹³ STADT WOLFENBUTTEL / FUGRO CONSULT GMBH (2012): Integriertes Hochwasserschutzkonzept Nordliches Harzvorland TP1 – Oker (unveröffentlicht)

¹⁴ STADT BRAUNSCHWEIG / HGN HYDROGEOLOGIE GMBH (2007): Bestimmung der Überschwemmungsgrenzen HQ100 der Wabe im Stadtgebiet Braunschweig - Ermittlung von dezentralen Hochwasserschutzmaßnahmen und deren hydraulische Bewertung an Wabe und Mittelriede (unveröffentlicht)

Auch wenn sich hieraus Ansätze für die Gewässerunterhaltung (z. B. regelmäßige Entschlammung, Mahd) ergeben oder den Abfluss bei kleineren Hochwasserereignissen verbessern, wurden diese Maßnahmen im Sinne der Zielrichtung des vorliegenden Konzeptes nicht weiterverfolgt. Weiterhin wurde die Möglichkeit untersucht, die Oker über einen Abschlag in den Mittellandkanal zu entlasten.

Der Abschlag in den Mittellandkanal befindet sich nicht oberhalb von Braunschweig, sondern im Unterwasserbereich der Oker, so dass kein Effekt auf die Hochwasserwelle in der Innenstadt zu erwarten ist. Somit wurde auch diese Möglichkeit der Hochwasserentlastung nicht weiter verfolgt.

In der Analyse der Hochwassergefährdung wurde ermittelt, dass die vom Hochwasser betroffenen Flächen im Stadtgebiet überwiegend im Randbereich der Überschwemmungsgebiete liegen. Geeignete Maßnahmen für diese Bereiche sind linienartige Schutzmaßnahmen („Linienschutz“) wie Verwallungen oder Mauern. Maßnahmen des Linienschutzes sind in allen Gebietstypen geeignet, um die hochwasserbedingten nachteiligen Folgen im Stadtgebiet zu minimieren.

4.3.3 Standortwahl

Ausgehend von den Ergebnissen der Risikoanalyse konnten durch die ermittelten Schadenspotentiale und Gefährdungsintensitäten Brennpunkte innerhalb der Überschwemmungsgebiete definiert werden, bei denen ein signifikantes Hochwasserrisiko besteht und bei denen mit großen Schäden durch das jeweilige Ereignis zu rechnen ist. Die Abschätzung wurde flächendeckend für das Stadtgebiet vorgenommen. Nach Auswertung der Gefährdungs-, Risiko- und Schwachstellenanalyse ergeben sich folgende 10 prioritär zu betrachtende Standorte:

- Standort 01 – Leiferde Süd
- Standort 02 – Leiferde Nord
- Standort 03 – Stöckheim
- Standort 04 – Bürgerpark
- Standort 05 – Innenstadt
- Standort 06 – Ölper
- Standort 07 – Rautheim
- Standort 08 – Riddagshausen
- Standort 09 – Gliesmarode – Kurzekampstraße
- Standort 10 – Schuntersiedlung

Am bereits im Vorfeld mit hoher Priorität bewerteten Standort Am Soolanger in Gliesmarode ist eine Hochwasserschutzmaßnahme aufgrund des hohen Nutzen-Kosten-Verhältnisses, der geringen Investitionskosten und des bestehenden Einvernehmens mit den Anwohnern bereits umgesetzt worden und hier nicht mehr aufgeführt.



Abbildung 4-10: Bau der Hochwasserschutzmauer Am Soolanger

Die Auswahl der verbleibenden Standorte erfolgte nach der Stärke der Betroffenheit. Nach Auswertung der neuesten Berechnungen ergeben sich weitere Betroffenheiten im Bereich der Tunicastraße, des Maschplatzes und in Hondelage an der Hagenriede. Zudem muss davon ausgegangen werden, dass die bestehende Hochwasserschutzanlage an der Spinnerstraße nur noch einen verminderten Freibord aufweist.

Lediglich die Beschaffenheit des Geländes und der örtlichen Verhältnisse östlich von Rautheim im Oberwasser der Wabe bieten die Möglichkeit für eine geeignete Hochwasserrückhaltemaßnahme, an allen anderen Standorten ist Linienschutz die Maßnahme der Wahl. Neben diesen 10 Standorten sind noch weitere vom Hochwasser gefährdete und betroffene Gebiete im Stadtgebiet vorhanden. Die Karten in den Anlagen geben eine Übersicht der jeweils vom Hochwasser betroffenen Flächen und der gefährdeten Bereiche und können im Bedarfsfall eingesehen werden. Im Zuge der Eigenvorsorge sind diese Karten für Anlieger ein empfohlenes Hilfsmittel.

Die vorgenannten Standorte wurden im weiteren Bearbeitungsverlauf anhand ihrer Gebietscharakteristik und den spezifischen Rahmenbedingungen in den jeweiligen Maßnahmenblättern charakterisiert. Die Daten der jeweiligen Standorte sind den Maßnahmenblättern in Anlage 10 zu entnehmen.

4.3.4 Ortsbegehung

Nach Festlegung der zu untersuchenden Standorte wurde eine Ortsbegehung durchgeführt. Hierbei wurde jeder Standort auf mögliche Randbedingungen (bspw. Grundstückszufahrten, Brücken, vorhandene Einrichtungen, Zwangspunkte, Einleitstellen der Regenentwässerung) untersucht. Diese für die weitere Bearbeitung wichtigen Punkte wurden zudem per Foto festgehalten, um im Nachgang die Maßnahmen darauf abzustimmen.

4.3.5 Schutzziel

Als Bemessungshochwasser wurde in der Regel auf das hundertjährige Hochwasser HQ₁₀₀ abgestellt. Durch die entsprechenden Sicherheiten, z.B. in Form eines Freibords bei Linienschutzmaßnahmen, ist in der Realität mit einer Schutzwirkung auch bei größeren Hochwasserereignissen zu rechnen. Die erforderliche Ausdehnung der Linienschutzmaßnahmen basiert auf den ermittelten Wasserspiegellagen. Auf diese Höhe wurde ein Freibord aufaddiert. Anschließend wurde für diese Höhe jeweils der Anschluss im Gelände ermittelt, so dass ein Umströmen der Maßnahme unterbunden wird. Auf diese Weise wurde die Länge der Linienschutzmaßnahme ermittelt. Die Wirkung der Talsperren ist bei dieser Vorgehensweise wiederum ausgeblendet worden, so dass das Konzept konsistent bleibt zu den aktuellen Vorgaben des Landes. Die möglichen Auswirkungen eines geänderten Betriebs der Okertalsperre würden sich nur auf die Dimensionierung der Maßnahmen an der Oker, hier überwiegend im Süden von Braunschweig, beschränken.

Als Freibord wurden im Regelfall 50 cm angesetzt, so dass ein zusätzlicher Schutz vor einem 200-jährlichen Hochwasserereignis, einem so genannten Extrem-Ereignis, erzielt werden kann.

Am Standort „Gliesmarode – Am Soolanger“ wurde von diesem Schutzziel abgewichen. Nach intensiver Begutachtung der vorhandenen Geländestrukturen wurde festgelegt, dass der hier einzuhaltende Freibord aus Gründen der technischen Realisierbarkeit auf 5 cm, allerdings gegenüber einem 200-jährlichen Hochwasser, herabgesetzt werden muss.

Beim Standort „Innenstadt“ wurden zwei unterschiedliche Schutzziele untersucht. Es wurden Szenarien mit einem Freibord von 50 cm und mit einem Freibord von 100 cm gegenüber einem 100-jährlichen Hochwasserereignis betrachtet und ausgewertet. Die Ausführungsvariante mit einem Freibord von 50 cm führte zu keinem signifikanten Schutz der Innenstadt, so dass diese Variante nicht weiter verfolgt wurde. Stattdessen wurde ein Freibord von 100 cm vorgesehen. Die neuesten Berechnungsergebnissen mit den einhergehenden höheren Wasserspiegellagen bestätigen diesen Ansatz.

4.4 Ausführungsvorschläge technischer Hochwasserschutzmaßnahmen

Für das vorliegende Konzept wurde vereinfachend davon ausgegangen, dass die kostengünstigste Ausführungsvariante als Vorzugsvariante definiert wird. Diese Vorüberlegungen und die darauf aufbauenden überschlägigen Kostenannahmen ersetzen nicht die konkrete Objektplanung. Für die Kostenschätzung wurde vom kompletten Neubau der Linienschutzmaßnahme sowie von freier Zugänglichkeit zu den Grundstücken ausgegangen. Detaillierte Planungen und mögliche Aufhöhungen vorhandener Einrichtungen sind erst nach erneuter Vermessung im Rahmen der Objektplanung zu ermitteln und zu bemessen. Als mobile Einrichtungen werden im Folgenden neben Sandsack- und Dammbalkensystem auch die sogenannten Sandsackersatzsysteme vorgeschlagen. Hierzu zählen Systeme wie beispielsweise „AquaRiwa“¹⁵ oder „Mobildeich“¹⁶. Ein ähnliches, allerdings nicht mobiles, sondern fest installiertes System ist die so genannte „AquaWand“¹⁷. Bei der weiterführenden Objektplanung sollten diese Möglichkeiten je nach gegebener Situation in Betracht gezogen werden.

¹⁵ <http://www.aquariwa.de/home/>

¹⁶ <http://www.mobildeich.de>

¹⁷ <http://www.aquaburg.com/index.php?menu-id=aquawand>

Die entwickelten Maßnahmen und deren Ausführungsvarianten sowie deren Verlauf sind den Maßnahmenblättern in Anlage 10 zu entnehmen. Hier sind zusätzlich Fotos mit dem geplanten Verlauf eingefügt, so dass eine verständliche und übersichtliche Veranschaulichung der geplanten Maßnahme vorliegt. Für die Planung der Maßnahmen wurden die Zustimmung und Mitarbeit der anliegenden bzw. miteinbezogenen Grundstückseigentümer zu Grunde gelegt. Hier ist im Zuge der weitergehenden Planungen natürlich eine Abstimmung bzw. Bürgerbeteiligung durchzuführen, damit allen Belangen Rechnung getragen werden kann und eine abgestimmte Lösung gefunden werden kann.

An allen an der Oker gelegenen Standorten ist im Sinne der Bodenplanungsgebietsverordnung¹⁸ der Aushub (z.B. eines Altarms der Oker) als Baumaterial nutzbar. So sind Umlagerungen innerhalb dieses Gebietes möglich und kostengünstig zu realisieren.

4.5 Bewertung technischer Hochwasserschutzmaßnahmen

4.5.1 Wirksamkeitsanalyse und Wechselwirkungen

Die beschriebenen Linienschutzmaßnahmen wurden in die jeweiligen hydraulischen Modelle eingearbeitet und deren Wirkungen und Auswirkungen berechnet. Die Wirkung des Hochwasserrückhaltebeckens auf den Hochwasserabfluss wurde über ein hydrologisches Speichermodell bestimmt. Dieser verminderte Abfluss wurde bei der Wirksamkeitsanalyse anhand hydraulischer Berechnungen für den gesamten Unterlauf von Wabe und Mittelriede angesetzt.

Für die hydraulischen Berechnungen wurde festgelegt, dass neben einem 100-jährlichen Hochwasserereignis zusätzlich auch ein 20-jährliches Hochwasserereignis und ein etwa 200-jährliches Hochwasserereignis betrachtet werden. Für die Oker wird der Schadenseintritt ab einem 20-jährlichen Hochwasserereignis erwartet, an Wabe und Mittelriede wurde dies in früheren Untersuchungen auf ein 5-jährliches Hochwasserereignis beziffert¹⁹.

Die folgende Auswertung belief sich auf die Ermittlung der Wasserspiegellagen, der Überschwemmungsgbietsgrenzen, der Schadenspotentiale sowie die Auswirkung der Maßnahme auf umliegende Siedlungsgebiete bzw. weitere Maßnahmen. Die Linienschutzmaßnahmen haben aufgrund ihrer lokal eher begrenzten Wirkung keinen negativen oder positiven Einfluss auf andere Maßnahmen oder anliegende Siedlungsstrukturen. Die Linienschutzmaßnahmen wurden in Fließrichtung hintereinander betrachtet. Das bedeutet, dass die unterste Maßnahme eine Gesamtschau darstellt und im hydraulischen Modell für die letzte Maßnahme alle oberhalb liegenden Linienschutzmaßnahmen Berücksichtigung fanden. Die Implementierung des Hochwasserrückhaltebeckens (kurz: HRB) führte ganzheitlich zu einem positiven Effekt auf die Überschwemmungsflächen. Es konnte eine Reduzierung der überfluteten Bereiche in allen betrachteten Szenarien festgestellt werden.

Bei der Berechnung des Hochwasserrückhaltebeckens wurden zusätzlich die Wechselwirkungen mit den weiteren Maßnahmen im Unterlauf betrachtet.

¹⁸ http://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/boden/schwermetalle/schwermetalle_okeraue_bodenplanungsgebiet.html

¹⁹ STADT BRAUNSCHWEIG / HGN HYDROGEOLOGIE GMBH (2006): Ermittlung des vertraglichen Abflusses an Wabe und Mittelriede (unveröffentlicht)

4.5.2 Erweiterte Maßnahmenbewertung

Im Sinne einer erweiterten Maßnahmenbewertung wurden die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Schutzgüter der EU HWRM-RL in Bezug zu den drei festgelegten Hochwasserszenarien HQ_{gering}, HQ₁₀₀ und HQ_{extrem} bestimmt. Betrachtet wurden die Schutzgüter:

- Menschliche Gesundheit
- Umwelt
- Kulturgüter
- Wirtschaftliche Tätigkeit

Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft das Ergebnis der erweiterten Bewertung (Kreissegmente). Die Ergebnisse der erweiterten Bewertungen sind den Maßnahmenblättern in Anlage 10 zu entnehmen.

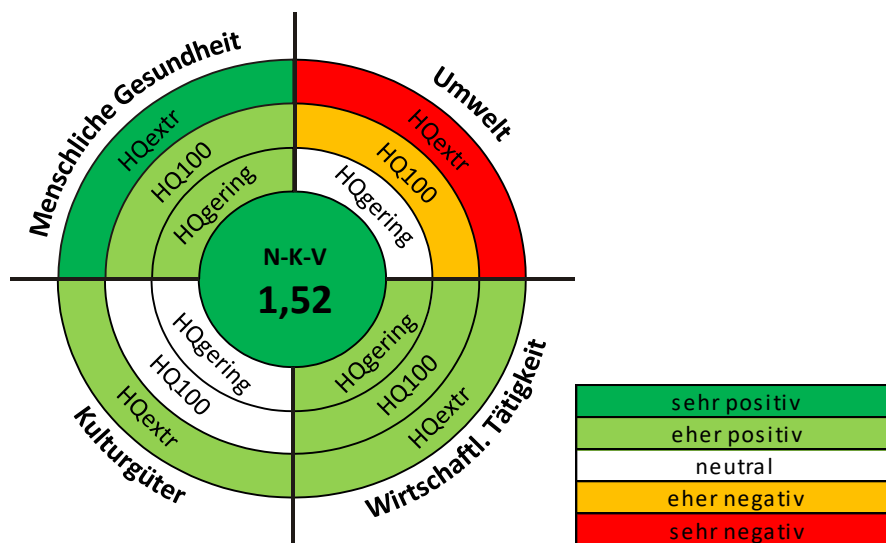


Abbildung 4-11: Warnampel als Ergebnis der erweiterten Bewertung

4.5.3 Priorisierung

4.5.3.1 Nutzenermittlung

Da die Höhe des Schadenspotentials stets nur für das jeweilige Bemessungshochwasser ausgewiesen wird, diese Bemessungshochwässer im Betrachtungszeitraum jedoch mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit bzw. Häufigkeit eintreten, führt eine einfache Summenbildung der Schadenspotentiale im Betrachtungszeitraum nicht zu einem objektiven Ergebnis. Daher wird aus der Höhe des Schadenspotentials zusätzlich der sogenannte Schadenserwartungswert generiert.

Der Schadenserwartungswert wurde anhand der jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeit ermittelt²⁰. Die aufsummierten Schadenspotentiale wurden anhand der Jährlichkeit des Ereignisses gewichtet und über die mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit zu einem jährlichen Schadenserwartungswert zusammengefasst.

Folgende mathematische Beziehung verbirgt sich hinter dieser Vorgehensweise:

²⁰ DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1985): „DVWK-Mitteilungen 10: Ökonomische Bewertung von Hochwasserschutzwirkungen – Arbeitsmaterialien zum methodischen Vorgehen.“ Bonn

$$\bar{S} = \sum_{i=1}^k S(i) * \Delta P_i$$

mit:

$$S(i) = \frac{S_{i-1} + S_i}{2}$$

$$\Delta P_i = |P_i - P_{i-1}|$$

mit den Parametern:

k	Anzahl der Ereignisse (z.B. 3 Ereignisse: Schadenseintritt, HQ _{gering} , HQ ₁₀₀)
S _i	Ereignisbezogener Schaden (aufsummierte Schadenspotentiale eines Ereignisses)
P _i	ereignisbezogene Wahrscheinlichkeit (z. B. HQ ₁₀₀ = 1/100)
S(i)	gemittelter ereignisbezogener Schaden zweier Ereignisse
ΔP _i	Differenz der ereignisbezogenen Wahrscheinlichkeit zweier Ereignisse
S	über alle Ereignisse gemittelter Schadenserwartungswert

Anhand dieses Verfahrens wurden für alle Standorte sowohl die bestehenden als auch die nach Umsetzung der Maßnahme verbleibenden jährlichen Schadenserwartungswerte gebildet. Die Differenz dieser beiden Werte beschreibt die Minderung des Schadens, somit den jährlichen Nutzen einer Hochwasserschutzeinrichtung.

Der gemäß diesem Vorgehen ermittelte Nutzen für die jeweiligen Standorte ist den Maßnahmenblättern in Anlage 10 zu entnehmen. An Standorten, die in Wechselwirkung mit dem Hochwasserrückhaltebecken stehen, sind diese Effekte separat ausgewiesen.

4.5.3.2 Kostenermittlung

Für die zuvor bestimmten Standorte mit den vorgeschlagenen Ausführungsvarianten wurden die Kosten abgeschätzt. Basierend auf der Länge, der Ausführungsart, möglichen Engstellen und Randbedingungen bei der Ausführung wurden die Kosten für jede Ausführungsvariante überschlägig ermittelt. Bei den im Folgenden aufgezählten und in den Maßnahmeblättern aufgeführten Kosten handelt es sich um Netto-Werte (Brutto-Werte sind in den Wirtschaftlichen Kennzahlen der Anlage 10 aufgeführt).

Grundlage für die Ermittlung der Kosten bilden alle direkten Kosten, so u.a. Planungs-, Bau-, laufende und Re-Investitionskosten sowie sonstige Kosten. Zu den sonstigen Kosten zählen zum Beispiel die Kosten, die für die Rückstausicherung in die Kanalisation entstehen. Zur Ermittlung dieser Kosten wurde für jeden Standort eine Analyse der vorhandenen Einleitstellen und möglichen Zwangspunkte durchgeführt.

Mit Unterstützung der Stadtentwässerung Braunschweig wurden so kritische Einleitstellen identifiziert und bewertet. Für jeden Standort wurde dann eine angepasste Sicherungsmaßnahme entwickelt. Die folgenden Abbildungen veranschaulichen beispielhaft einen Kanalisationsstrang mit der zugehörigen Einleitstelle.



Abbildung 4-12: Oben: Ansicht der Einleitstelle D003 mit dem zugehörigen Kanalnetz (blau), Unten: Blick in den Schacht 2-19247

Grunderwerbskosten, die ebenso zu den direkten Kosten zählen, wurden bei den Betrachtungen nicht berücksichtigt. Die Schätzung der Investitionskosten basiert auf Erfahrungswerten bzw. vereinfachten Annahmen und kann nur als Anhaltswert dienen. Die konkreten Baukosten können erst nach Kenntnis von Baugrundverhältnissen, der Erhebung weiterer Vermessungsdaten und der Erhebung weiterer Informationen wie Eigentumsverhältnisse, Altlastenvorkommen, Leitungsverläufen u. ä. geschätzt werden.

Neben den Investitionskosten wurden auch die laufenden Betriebskosten ermittelt. Diese belaufen sich auf 0,1 % der Investitionskosten²¹. Nicht betrachtet wurden die Personalkosten / -aufwendungen, die für den Betrieb und den Einsatz mobiler Schutzeinrichtungen anfallen.

Die gemäß diesem Vorgehen berechneten Kosten für die jeweiligen Standorte sind den Maßnahmenblättern in Anlage 10 zu entnehmen.

4.5.3.3 Nutzen-Kosten-Verhältnis

Zur Bildung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses war es notwendig, alle anfallenden Kosten für einen einheitlichen Betrachtungszeitraum (bspw. Nutzungsdauer) zu ermitteln. Um sowohl den Nutzen, als auch die Kosten, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen (teilweise liegen Jahrzehnte zwischen den Ausgaben für Grunderwerb und bspw. der Ersatzinvestition bestimmter Bauteile), vergleichbar zu machen, wurden diese auf einen einheitlichen Bezugszeitpunkt (Jahr der Inbetriebnahme der Hochwasserschutzmaßnahme) ermittelt. Dazu wurden der Nutzenbarwert und der Gesamtkostenbarwert berechnet.

Der Gesamtkostenbarwert setzt sich aus dem Barwert der Investitionskosten und dem Barwert der laufenden Kosten zusammen. Für die Investitionskosten wurde kein Faktor angesetzt, da für den Bau der Maßnahmen von einem Investitionszeitraum < 1 Jahr ausgegangen werden kann. Für die laufenden Kosten wurde ein Diskontierungsfaktor berücksichtigt. Für die Ermittlung des Barwertfaktors wurde ein Basis-Untersuchungszeitraum von 80 Jahren²¹ angesetzt. Zur Ermittlung des Faktors war zusätzlich die Festlegung eines Zinssatzes notwendig. Dieser wurde mit langfristig 3 % angenommen. Der Ansatz anderer Zinssätze kann die Wirtschaftlichkeitsbewertung einer Maßnahme nachhaltig verändern.

Für die Berechnung wurde der zur Umrechnung gleichförmiger Kostenreihen in Kostenbarwerte angegebene Diskontierungsfaktor angewendet:

$$DFAKR(i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} = \frac{(1+0,03)^{80} - 1}{0,03 * (1+0,03)^{80}} = 30,2$$

mit:	i	i = 3%	Zinssatz
	n	n = 80	Jahre des Betrachtungszeitraumes

Der Nutzenbarwert wurde analog dazu mit dem zuvor errechneten Nutzen und dem Diskontierungsfaktor ermittelt. Der jährliche Nutzen wird dabei als gleichförmige Reihe angenommen, es wird also von einem gleichbleibenden jährlichen Nutzen ausgegangen.

4.5.3.4 Prioritätenliste

Die Bildung der Prioritätenliste und die darin enthaltene Rangfolge beruhen auf den berechneten Nutzen-Kosten-Verhältnissen der einzelnen Maßnahmen entsprechend des Kenntnisstandes bzw. Detaillierungsgrades des vorliegenden Konzeptes. Die möglichen Auswirkungen eines geänderten Betriebs der Okertalsperre auf die Maßnahmen im Süden der Stadt sind hierbei nicht berücksichtigt. Zusätzlich sind eine Differenzierung der Kostenbestandteile und Hinweise auf besondere örtliche Randbedingungen ausgewiesen. Die Prioritätenliste kann demnach als Fahrplan für die Umsetzung des Konzeptes verwendet werden. Eine Ausnahme bildet das Hochwasserrückhaltebecken an der Wabe, welches separat zu bewerten ist.

²¹ MANIAK, U. (2000): „Wasserwirtschaft - Einführung in die Bewertung wasserwirtschaftlicher Vorhaben.“ Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York

Tabelle 4-5: Prioritätenliste

Rang	N-K-V	Standort	Kostenbarwerte (netto)				laufende jährliche Kosten [T€]	Info im Maßnahmenblatt
			Barwert [T€]	setzt sich zusammen aus:				
				Barwert der Investi- tionskosten (Planung & Bau) [T€]	Barwert Rückstausi- cherung Kanalnetz [T€]	Barwert der sonst./laufenden Kosten [T€]		
1	49,39	Innenstadt	395	333	50	12	0,383	
2	4,01	Stöckheim	659	555	85	19	0,640	
3	3,50	Bürgerpark	201	160	35	6	0,195	
4	1,68	Schundersiedlung	496	458	24	14	0,482	⚠
5	1,03	Gliesmarode	390	324	55	12	0,379	⚠
6	0,71	Leiferde Süd	807	693	90	24	0,783	⚠
7	0,48	Ölper	275	217	50	8	0,267	⚠
8	0,30	Riddagshausen	408	361	35	12	0,396	⚠
9	0,17	Leiferde Nord - Var. A	450	346	90	14	0,436	
10	0,11	Leiferde Nord - Var. B	716	605	90	21	0,695	

⚠ = besondere Aufmerksamkeit bei der Realisierung notwendig

Die Maßnahme Am Soolanger ist aufgrund des hohen Nutzen-Kosten-Verhältnisses, der geringen Investitionskosten und des bestehenden Einvernehmens mit den Anwohnern bereits umgesetzt worden und hier sowie in den Maßnahmenblättern nicht mehr aufgeführt.

Die Maßnahme des Hochwasserrückhaltebeckens an der Wabe im Bereich Rautheim ist in der Prioritätenliste nicht dargestellt. Die Maßnahme kann auch unter Berücksichtigung der bereits erfolgten Realisierung der Maßnahme Am Soolanger mit einem Nutzen-Kosten-Verhältnis von 2,57 bewertet werden, obwohl sowohl die Investitionskosten (rund 1,4 Mio. € netto ohne Grunderwerb) als auch die jährlichen Kosten (rund 18,5 T€ netto) deutlich höher ausfallen als an den Linienschutzmaßnahmen. Sollte das Becken realisiert werden, ließen sich die Maßnahmen Riddagshausen und Gliesmarode nicht mehr wirtschaftlich vertretbar darstellen, da diese Bereiche kaum noch von Hochwasser betroffen wären. Das Hochwasserrückhaltebecken ist daher als Alternative zu den genannten beiden Maßnahmen zu sehen, würde darüber hinaus aber eine Entlastung der Hochwassersituation entlang des gesamten städtischen Gewässerlaufs von Wabe und Mittelriede bewirken. Zudem könnte die Maßnahme zum Schutz der Schundersiedlung etwas geringer dimensioniert werden.

Die Maßnahme Innenstadt ist aufgrund des enormen Schadenspotentials, das entsprechend der neuesten Berechnungen bereits bei einem HQ₁₀₀ vorliegt, mit der höchsten Priorität zu bewerten. Hierzu liegt ein Beschluss des Planungs- und Umweltausschusses sowie des Verwaltungsausschusses zur Anschaffung eines mobilen Schutzsystems vor.

Maßnahmen mit einem NKV < 1 werden in der weiteren Planung vorerst zurückgestellt.

5 Starkregen / Sturzfluten

Das Thema Starkregen / Sturzfluten ist in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus gerückt. In einigen Städten in Deutschland kam es nicht nur zu Sachschäden, sondern auch zu Todesfällen.

Eine deutschlandweite Karte, die Auskünfte über besondere Gefährdungsbereiche durch Starkregenabflüsse liefert, existiert nicht. Auch in Braunschweig sind Starkregenereignissen nicht auszuschließen, die dazu führen, dass sowohl auf den Grundstücken als auch auf den Straßen Wasser oberflächlich abfließt. Vor allem im Jahr 2002 sind in einzelnen Stadtbezirken (u. a. Rautheim und Mascherode) Sturzfluten beobachtet worden.

Im Gegensatz zu Flusshochwässern gibt es bei Sturzfluten keine nennenswerte Vorwarnzeit. Präzisere Prognosen zur möglichen Intensität von Starkregenereignissen sind für die Wetterdienste immer nur kurzfristig möglich. Dabei warnt z.B. der Deutsche Wetterdienst (DWD) in vier Stufen: Wetterwarnung, markante Warnung, Unwetter und extremes Unwetter. In Bezug auf Starkregen liegt eine markante Wetterwarnung vor, wenn innerhalb von 1 Stunde Regenmengen von $\geq 25 \text{ l/m}^2$ oder in 6 Stunden $\geq 35 \text{ l/m}^2$ Niederschlag fallen. Werden Regenmengen von mehr als 40 l/m^2 in 1 Stunde oder geringstenfalls 60 l/m^2 in 6 Stunden erwartet, wird eine Unwetterwarnung herausgegeben. Bei Sturzfluten in Folge von Starkregen sind die vorhandenen Regenwasserkanäle und Gewässer überfordert. Regenwasser von Dächern, Straßen und aus Gärten kann oberflächlich abfließen und z.B. durch Kellerfenster, Lichtschächte, Kellerabgänge, Haus- und Terrassentüren in Gebäude eindringen, wenn keine ausreichend hohe Kante / Stufe / Rampe vorhanden ist. Straßen und tief liegende Grundstücke sind besonders gefährdet. Im Bereich kritischer Infrastrukturen – z. B. Unterführungen, Tiefgaragen sowie Souterrainwohnungen – kann kurzfristig eine akute Gefahr entstehen. Eine private Vorsorge kann die Folgen von Sturzfluten mindern (siehe Kap. 7.1).

Für den Bereich von Schölke und Kleiner Mittelriede sind aufgrund der besonders ausgeprägten Gefährdungslage in einem separaten Konzept darüber hinaus auch Maßnahmen zum technischen Wasserrückhalt entwickelt worden²².

6 Natürlicher Wasserrückhalt

6.1 Wasserrückhalt im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Gewässer tragen vor allem derartige Maßnahmen zur Verringerung der Hochwassergefahr bei, die das Wasser in der Fläche länger zwischenspeichern und erst mit einer entsprechenden Verzögerung und Vergleichmäßigung an die Vorfluter abgeben. Die Auswirkungen beschränken sich in der heutigen Kulturlandschaft angesichts der geringen nutzbaren Flächenanteile der Gesamteinzugsgebiete jedoch jeweils auf kleinere Hochwasserereignisse. Potentielle Maßnahmen sind auch in den Siedlungsgebieten möglich. Hierzu zählen der Erhalt von versickerungsfähigen Flächen, die Vermeidung weiterer Versiegelungen, flächensparendes Bauen und die Entsiegelung bereits versiegelter Flächen. Bei diesen Maßnahmen wird auch die natürliche Bodenfunktion erhalten bzw. wiederhergestellt und die Grundwasserneubildung nachhaltig unterstützt.

Wenn sich eine weitere Flächenversiegelung nicht vermeiden lässt, muss durch entsprechende Maßnahmen der Versickerung oder des Rückhalts sichergestellt werden, dass keine Erhöhung des Direktabflusses und

²² STADT BRAUNSCHWEIG / HGN BERATUNGSGESELLSCHAFT MBH (2018): Entwässerungs- und Regenwasserrückhaltekonzept für das Einzugsgebiet der Kleinen Mittelriede in Braunschweig (unveröffentlicht) bzw. https://www.braunschweig.de/leben/umwelt_natur-schutz/wasser/hws_feldstrasse_kaelberwiese.php

keine Abflussbeschleunigung hervorgerufen werden. Mögliche Maßnahmen umfassen die Flächenversickerung z. B. auf Verkehrsflächen, die Muldenversickerung oder die Versickerung mit unterirdischer Speicherung. Ist aufgrund der beschränkten Durchlässigkeit des anstehenden Bodens keine (ausreichende) Versickerungsleistung gegeben, bieten sich Maßnahmen zur Zwischenspeicherung und gedrosselten Weitergabe des Abflusses wie z. B. Regenrückhaltebecken an. Potentielle Maßnahmen außerhalb der Siedlungsgebiete umfassen alle vorhandenen Nutzungsarten. Grundsätzlich ist der effektiv zum Abfluss gelangende Niederschlagsanteil aufgrund der höheren Verdunstung und i. d. R. höheren Versickerungsfähigkeit in Wäldern geringer als bei Grünland oder auf Ackerflächen. Eine Aufforstung trägt daher zu einer Verringerung der Abflussbildung bei. Ähnlich verhält es sich bei sonstigen Nutzungsumwandlungen, z. B. von Ackerflächen zu Grünbrachen sowie bei angepasstem Nutzungsverhalten in Land- und Forstwirtschaft.

Aufgrund der im Stadtgebiet begrenzten Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Hochwasserentstehung an Oker, Schunter und Wabe wurden die Maßnahmen des Wasserrückhalts in der Fläche nicht weiter konkretisiert.

6.2 Wasserrückhalt am Gewässer

Insbesondere die Begradigung und intensive Unterhaltung von Fließgewässern hat in den letzten Jahrzehnten zu einer Beschleunigung des Abflusses geführt. Die höheren Fließgeschwindigkeiten begünstigen eine Sohlerosion, die zu immer tiefer eingeschnittenen Gewässerprofilen geführt hat. Ausuferungen in die natürlichen Auen finden infolgedessen seltener statt und der vorhandene Retentionsraum bleibt ungenutzt, so dass sich die Hochwasserwelle ungedämpft flussabwärts bewegt. Durch Maßnahmen der Gewässerentwicklung können die ehemals natürlichen Verhältnisse teilweise wiederhergestellt werden. Die Maßnahmen der Gewässerentwicklung führen dabei i. d. R. zum Erhalt und zur Verbesserung der Lebensräume für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten.

Aufgrund der begrenzten Wirkung auf große Hochwasserereignisse und der nur geringen Möglichkeiten im Stadtgebiet in Relation zur Gesamtausdehnung der Gewässer wurden die Maßnahmen der Gewässerentwicklung im Sinne des Hochwasserschutzes hier nicht weiter konkretisiert. Diese Maßnahmen werden jedoch durch die Stadt Braunschweig mit der Zielstellung der Verbesserung des ökologischen Zustands der Gewässer weiterverfolgt. Renaturierungen sind bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis nachweislich neutral und schaffen aufgrund der damit einhergehenden Bodenumlagerungen sogar zusätzlichen Retentionsraum.

7 Maßnahmen der nicht-technischen Hochwasservorsorge

7.1 Eigenvorsorge

Unabhängig von Maßnahmen des öffentlichen Hochwasserschutzes, die niemals einen 100-prozentigen Schutz bieten können, ist es für die Betroffenen sinnvoll und erforderlich, sich durch Eigenvorsorge vor möglichen Hochwasserschäden zu schützen. Die Pflicht zur Eigenvorsorge ist in § 5 des Wasserhaushaltsgesetzes verankert (siehe Kap. 2).

Insbesondere in Bezug auf Starkregen / Sturzfluten kann eine private Vorsorge die Folgen mindern. Für eine gründliche Prüfung hat die Stadt Braunschweig eine Checkliste der Stadt Wuppertal für die hiesigen Verhältnisse weiterentwickelt und im Internet veröffentlicht:

1. Liegt mein Grundstück im gesetzlichen Überschwemmungsgebiet eines Gewässers?
2. Liegt mein Grundstück im Bereich einer bei Extremhochwasser überschwemmten Fläche?

3. Liegt mein Grundstück in der Nähe einer Straße, die 2002 überschwemmt wurde?
4. Liegen Entwässerungsobjekte (z. B. Waschbecken, Toiletten, Bodenabläufe, etc.) unterhalb der Rückstau-ebene (i. d. R. Kanaldeckelhöhe in der Straße vor dem Gebäude)?
5. Sind private Schächte oder Reinigungsöffnungen unterhalb der Rückstau-ebene vorhanden und gegen Rückstau gesichert? Kann Oberflächenwasser in den außen liegenden Kellerabgang gelangen?
6. Ist im außen liegenden Kellerabgang ein Bodenablauf? Ist dieser auch gegen Rückstau gesichert?
7. Sind Grundstück und Gebäude durch Oberflächenabfluss von der Straße, von Nachbargrundstücken oder angrenzenden Landwirtschaftsflächen gefährdet?
8. Sind Kellerlichtschächte hoch genug und gegen von oben eindringendes Wasser geschützt?
9. Haben Wege und Zufahrten Gefälle vom Haus weg? Wohin fließt das Wasser?
10. Gefährde ich durch eigene Baumaßnahmen Nachbarn? Eine Abstimmung untereinander ist immer sinnvoll!

Die nachfolgende Grafik zeigt mögliche Gefahren:

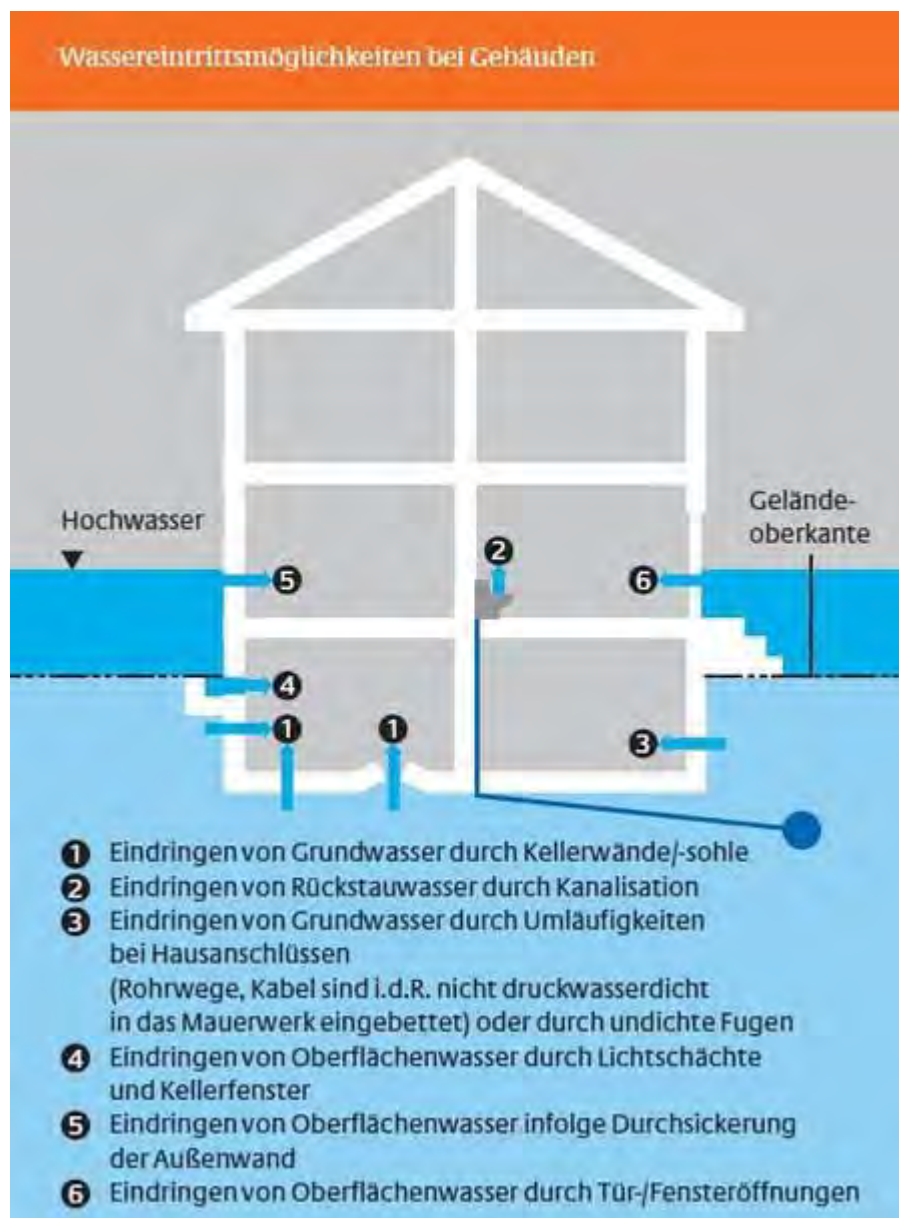


Abbildung 7-1: Wassereintrittsmöglichkeiten bei Gebäuden, Quelle: Hochwasserschutzfibel BMVBS (2010)

Auch die besten Vorsorgemaßnahmen können mögliche Schäden nicht gänzlich verhindern. Im Extremfall kann der einzelne Betroffene mit den finanziellen Auswirkungen dieser Hochwasserschäden durchaus überfordert sein. Vor diesem Hintergrund erscheint es angeraten, für den Hochwasserfall eine finanzielle Vorsorge zu treffen. Ein Baustein hierzu kann eine Absicherung über eine Versicherung sein.

In Deutschland gibt es keine Pflichtversicherung für Hochwasserschäden bzw. sogenannte Elementarschäden (Schäden durch Naturereignisse wie z. B. Hochwasser, Erdbeben, Erdrutsche, Lawinen, Stürme, etc.). Es ist lediglich eine freiwillige Versicherung möglich. Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) bietet unter dem Stichwort „Stadt.Land.unter.“ im Internet Informationen zum Versicherungsschutz an²³. Auch die Verbraucherzentrale Niedersachsen setzt sich unter dem Stichwort „Welche Schäden übernimmt die Versicherung?“ mit dem Versicherungsschutz im Hochwasserfall auseinander²⁴.

7.2 Kommunale Initiativen

7.2.1 Allgemeines Informationsangebot

Die von einem Hochwasser möglicherweise Betroffenen erwarten umfangreiche Informationen als Grundlage der Hilfe zur Selbsthilfe. Diese Informationen sollen und werden von den Verantwortlichen zur Verfügung gestellt. Alle Informationen und geeignete Verlinkungen samt Hinweisen zur Bauvorsorge stehen gebündelt unter

http://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/wasser/hochwasserschutz.php

zur Verfügung und werden laufend aktualisiert.

7.2.2 Bewusstseinsbildung durch Hochwassermarken im öffentlichen Raum

Ein weiterer Baustein zur Eigenvorsorge und damit zum Schutz vor Hochwasserschäden sind eindeutige Hinweise auf Hochwasserereignisse aus der Vergangenheit. Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese Ereignisse leider häufig schnell in Vergessenheit geraten und die Bereitschaft zum Handeln immer stärker abnimmt, je weiter das Hochwasser zurück liegt.

Hochwassermarken halten die Erinnerung wach und werden direkt in der Örtlichkeit wahrgenommen. Sie dienen damit unmittelbar zur Bewusstseinsbildung. In Braunschweig können sich die wenigsten vorstellen (oder sich daran erinnern), dass beim Hochwasser 1946 der Hagenmarkt unter Wasser stand. Dabei zeigt eine Hochwassermarke an der Katharinenkirche, dass auch im Jahr 1808 hier Hochwasser gestanden hat.

²³ <https://www.gdv.de/de/themen/schwerpunkte/naturgefahren> bzw. <https://www.gdv.de/de/zahlen-und-fakten/versicherungsbereiche/elementarschaden-24102>

²⁴ <https://www.verbraucherzentrale-niedersachsen.de/themen/versicherungen/elementarschadensversicherung-eigentum-vor-naturgefahren-schuetzen>



Abbildung 7-2: Hochwassermarke an der Katharinenkirche („Wasserflucht 8. April 1808“)

Vor diesem Hintergrund ist beabsichtigt, an geeigneten Stellen im Stadtgebiet Hochwassermarken anzubringen, die die Höhe möglicher Hochwasserstände anzeigen. So wird der Bevölkerung die Möglichkeit geboten, sich zu orientieren und eine mögliche Gefährdungslage zu erkennen, um frühzeitig notwendige Maßnahmen zur Eigenvorsorge zu ergreifen.

Um möglichst große Aufmerksamkeit zu erregen, können auch künstlerische Werke im öffentlichen Raum als Hochwassermarken fungieren. Ein Beispiel des Künstlers Hannsjörg Voth (München, geboren in Bad Harzburg) aus Donauwörth in Bayern ist in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.



Abbildung 7-3: Beispiel einer öffentlichkeitswirksamen Hochwassermarke in Donauwörth

Eine derartige Visualisierung der Hochwassergefährdung wäre in Braunschweig z.B. im Kiryat-Tivon-Park denkbar. Hier kann öffentliche Aufmerksamkeit erregt werden und die Hochwassergefährdung u.a. der Innenstadt kann direkt vor Augen geführt werden. Ein denkbarer Standort ist in der folgenden Abbildung aufgeführt, die Anbringung in einer Höhe von ca. 2,20 m über Gelände würde in etwa dem Hochwasserstand eines Extremhochwassers entsprechen (bei HQ_{100} ca. 1,78 m; beim Hochwasser 1946 ca. 1,80 m).

Abbildung 17 stellt neben dem möglichen Standort der Hochwasserschutzmarke das 100-jährliche Hochwasserereignis dar.

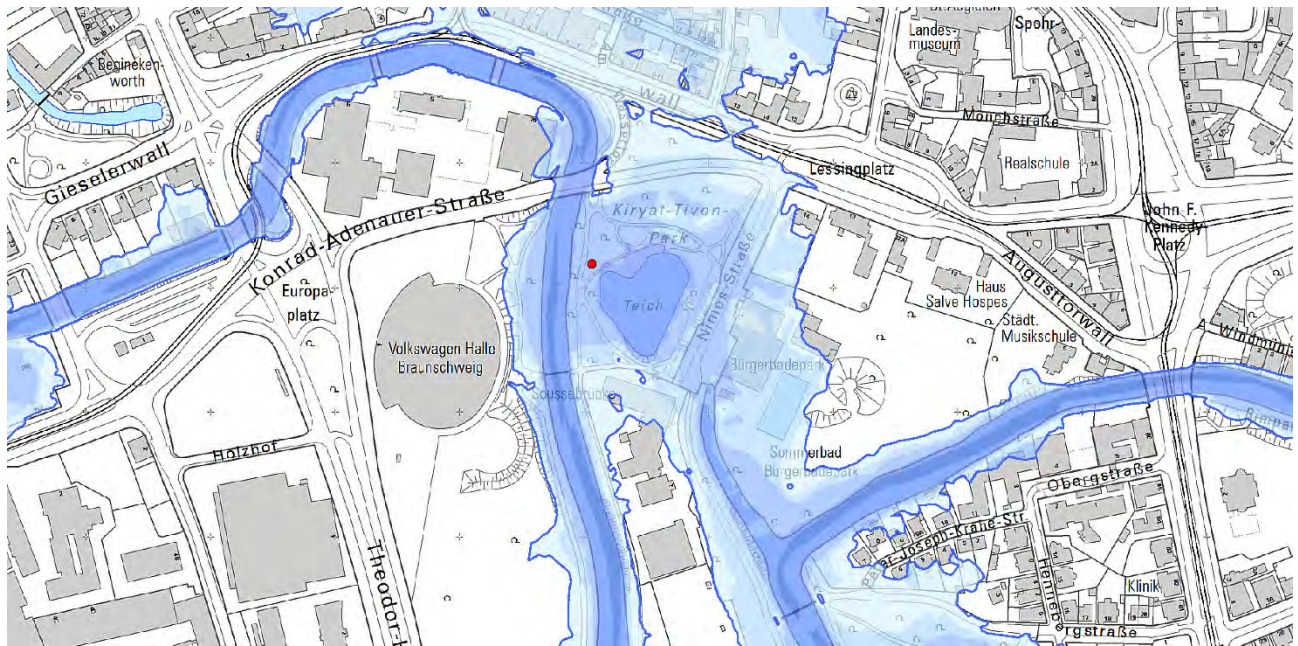


Abbildung 7-4: Möglicher Standort einer Hochwasserschutzmarke im öffentlichen Raum

7.2.3 Verbesserung der lokalen Gefahrenabwehr

Für die Stadt Braunschweig existiert ein Hochwassermeldedienst für die Gewässer Oker, Schunter und Wabe / Mittelriede auf Grundlage der Hochwassermeldeordnung Weser, der zusätzlich die Gewässer III. Ordnung umfasst und regelmäßig aktualisiert wird. Die darin enthaltenen Handlungsoptionen orientieren sich überwiegend am Erfahrungswissen aus vergangenen Hochwasserereignissen. In einer gemeinsamen Initiative von SE|BS, NLWKN und der Stadtverwaltung sollen die Informationen der quantitativen Vorhersagen der Hochwasservorhersagezentrale des NLWKN mittels der vorliegenden Berechnungsmodelle in einen lokalen Bezug gebracht werden. Damit können einerseits Schwerpunkte der operativen Gefahrenabwehr mit zeitlichem Vorlauf identifiziert werden und andererseits Informationen zu seltenen Hochwasserereignissen gewonnen werden, die über das bisherige Erfahrungswissen hinausgehen.

Darüber hinaus wird es bei Umsetzung einiger im vorliegenden Konzept entwickelter technischer Hochwasserschutzmaßnahmen erforderlich sein, die Errichtung ergänzender mobiler Maßnahmen im vorgenannten Meldedienst zu verankern.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Entsprechend der Aufgabenstellung wurden im vorliegenden Hochwasserschutzkonzept bauliche Maßnahmen auf der Detaillierungsebene eines Konzeptes entwickelt und bewertet, um den kommunalen Entscheidungsträgern aufzuzeigen, welche relevanten Möglichkeiten zur Verbesserung des Hochwasserschutzes im Stadtgebiet Braunschweigs bestehen. Der bauliche Hochwasserschutz soll dabei Schäden mindern, die bei Flusshochwässern eintreten, die statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten sind (Jahrhunderthochwässer). Als eine wesentliche Entscheidungsgrundlage wurde für die möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen das jeweilige Nutzen-Kosten-Verhältnis ermittelt, das die Maßnahmen in eine Rangfolge bringt. Die mit Stand Ende 2016 erarbeiteten Ergebnisse sind mit wesentlichen neuen Erkenntnissen zum Gefährdungsprofil der Stadt Braunschweig und zu gebäudetypologischen Schadenspotentialen aktualisiert worden.

Die als prioritär bewertete Maßnahme Am Soolanger ist aufgrund des hohen Nutzen-Kosten-Verhältnisses, der geringen Investitionskosten und des bestehenden Einvernehmens mit den Anwohnern bereits umgesetzt worden. Für die Maßnahme Innenstadt ist aufgrund des enormen Schadenspotentials als Sofortmaßnahme die Anschaffung eines mobilen Hochwasserschutzsystems beschlossen worden. Auch für die Schuntersiedlung sind erste weiterführende Überlegungen angestellt worden. An den weiteren Standorten, speziell jenen mit zu erwartenden Umsetzungsschwierigkeiten, ist zunächst ein Partizipationsprozess in Gang zu setzen, in dem das Konzept in den Stadtbezirken vorgestellt wird und die Maßnahmen im Dialog mit den Bürgern, den Trägern öffentlicher Belange und weiteren Interessenvertretern konkretisiert wird. Dies gilt insbesondere für die Maßnahmen an der Wabe, da hier die Linienschutzmaßnahmen in Wechselbeziehung mit der Realisierung eines Hochwasserrückhaltebeckens stehen. Der zeitliche Horizont der Umsetzung der Maßnahmen ist anschließend abhängig von den zur Verfügung stehenden Haushaltsmitteln.

Im Zuge der laufenden Fortschreibung des Gefährdungspotentials sind bereits weitere Brennpunkte identifiziert worden, für die künftig eine Maßnahmenkonzeption erforderlich wird. Nach aktuellem Kenntnisstand betrifft dies die Bereiche Maschplatz, Tunicasträße samt Anpassung der vorhandenen Maßnahme Spinnerstraße sowie Hondelage entlang der Hagenriede. Erste Vorüberlegungen hierzu sind bereits angestellt und in Form von Kurzsteckbriefen dokumentiert. Weitere Maßnahmen zur Entlastung der östlichen Randbereiche in Rühme sollen nach Möglichkeit in Verbindung mit der dort aktuell laufenden Renaturierungsplanung identifiziert werden.

Um weitere Rückhaltemaßnahmen mit positiver Wirkung für das Stadtgebiet im Einzugsgebiet von Schunter und Wabe außerhalb der Stadtgrenzen identifizieren und ggf. entwickeln zu können, ist die Stadt der interkommunalen Hochwasserpartnerschaft Schunter, Wabe beigetreten und begleitet das für den Gesamttraum in Erstellung befindliche und für Ende 2020 erwartete Konzept im Steuerkreis.

Als zweites Ziel des Konzeptes sollten allen Bürgerinnen und Bürgern Informationen an die Hand gegeben werden, damit sich diese in eigener Verantwortung auf ein Hochwasser oder eine Überflutung infolge eines Starkregens einstellen können. Alle Informationen und geeignete Verlinkungen zur Eigenvorsorge sind im Zuge der Konzepterarbeitung auf der Internetseite der Stadt eingestellt worden und sollen laufend aktualisiert werden.

Im vorliegenden Konzept entwickelte Vorschläge zur Verbesserung des Risikobewusstseins (Hochwassermarken im öffentlichen Raum) und zur Verbesserung der Informationslage für die Vorbereitung operativer Maßnahmen der Gefahrenabwehr sind noch mit den jeweiligen Beteiligten zu diskutieren und konkretisieren.

9 Verzeichnis verwendeter Unterlagen

9.1 Allgemeine und gewässerübergreifende Unterlagen

- Geobasisdaten:
U.a. Raumbezugsebenen 2 und 3, Daten der Laserscanbefliegung 2011, Orthofotos 2011, Flächennutzungen, Gebäudetypisierungen, städtische Liegenschaften, Schutzgebiete
- Hydrologische Grundlageninformationen:
U.a. Daten zu Landespegeln und Pegeln der SE|BS, Hochwasserbemessungswerte und Hochwasserabflussganglinien aus dem Niederschlag-Abfluss-Modell der Hochwasservorhersagezentrale des NLWKN
- Aufzeichnungen zu abgelaufenen Hochwasserereignissen:
U.a. zu den Hochwasserereignissen 1946, 1994, 1998, 2002/2003, 2013, 2017 und 2019
- Informationen zu Auswirkungen des Klimawandels:
U.a. diverse Ausarbeitungen und Forschungsvorhaben, z. B. aus dem Projekt KliBiW („Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland“) des NLWKN
- Dokument „Hochwassermeldedienst für die Gewässer Oker, Schunter und Wabe (Mittelriede) im Stadtgebiet der Stadt Braunschweig auf der Grundlage der Hochwassermeldeordnung Weser zusätzlich Gewässer III. Ordnung für den Bereich der Stadt Braunschweig und Anlagen“
- Protokoll zum Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, dem sich die Stadt am 16./17.11.2011 unterzogen hatte
- Informationen zur Stärkung der Eigenvorsorge der Bürger, gesammelt und laufend aktualisiert auf der Internetseite der Stadt Braunschweig
- Informationen zur Gewässerunterhaltung:
U.a. Regelunterhaltungsplan Oker, Unterhaltungsrahmenplan Schunter, Unterhaltspflichtige Gewässer der SE|BS, Gewässerunterhaltung: Zuständigkeiten
- Informationen zur Gewässergüte:
U.a. Gewässerstruktur- und Gewässergüteuntersuchungen, Gewässergütebericht
- Informationen zur Gefährdung infolge Rückstau im Kanalnetz (Auswertungen der SE|BS)
- Sonstige Auswertungen zur Hochwassergefährdung:
U.a. Auswertungskarte Hochwassergefährdung des LBEG, Erläuterungskarte Hochwasserschutz aus dem RROP 2008, Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Oker des Niedersächsischen Umweltministerium von 1992 und Umweltatlas der Stadt Braunschweig von 2007

9.2 Unterlagen zur Oker

- Überschwemmungsgebiete HQ₁₀₀:
 - Modelldaten, Ergebnisse und Dokumentationen zu den hydraulischen Berechnungen
- Historische, vorläufig gesicherte und aktuell festgesetzte Überschwemmungsgebiete
- Umsetzung der europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie bzw. der §§ 73 bis 75 des Wasserhaushaltsgesetzes (Stand 2013):
 - Unterlagen zur vorläufigen Bewertung der Hochwasserrisiken
 - Modelldaten, Ergebnisse und Dokumentationen zu den hydraulischen Berechnungen
 - Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten

- Weitere hydraulische Berechnungen:
 - Hochwasserschutzkonzept für die Stadt Braunschweig: Anpassung der Strömungsmodelle der Oker im Stadtgebiet Braunschweig (Wasserverband Mittlere Oker / HGN Beratungsgesellschaft mbH)
- Planungsvorhaben und umgesetzte Maßnahmen:
 - Studie „Entschlammung der Oker im Stadtgebiet von Braunschweig“ (Stadt Braunschweig / HGN Beratungsgesellschaft mbH)
 - Plangenehmigung „Errichtung einer Hochwasserschutzanlage an der Oker im Bereich Spinnerstraße“ mit Anlagen (Stadt Braunschweig / Ingenieurgesellschaft Prof. Dr.-Ing. E. Macke GmbH)
 - Hochwasserschutzkonzept Innenstadt – Studie – (Stadt Braunschweig / Ingenieurgesellschaft Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Dipl.-Ing. R. Trappe mbH)
 - Hydraulische Berechnungen zur Optimierung des Abflussprofils der Oker im Bereich Braunschweig-Veltenhof (Stadt Braunschweig / Fugro Consult GmbH)
 - Überschwemmungsgebiete der Oker – Variantenberechnung Wehr Rünigen (Stadt Braunschweig / HGN Hydrogeologie GmbH)
 - Integriertes Hochwasserschutzkonzept Nördliches Harzvorland – Teilprojekt Oker (Stadt Wolfenbüttel / Fugro Consult GmbH)
 - Brückenneubauten
 - Hydraulische Nachweisführung für den geplanten Neubau der Okerbrücke Rünigen (BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Partner Beratende Ingenieure mbB / Fugro Consult GmbH)
 - Hydraulische Nachweisführung für den geplanten Neubau der Okerbrücke Leiferde (Stadt Braunschweig / HGN Hydrogeologie GmbH bzw. BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Partner Beratende Ingenieure mbB / HGN Beratungsgesellschaft mbH)
 - Hydraulische Nachweisführung für den geplanten Neubau der Okerbrücke Hoheworth (EHS beratende Ingenieure für Bauwesen GmbH / Fugro Germany Land GmbH)
 - Hydraulische Nachweisführung für den geplanten Neubau der Okerbrücke Biberweg (Stadt Braunschweig / HGN Beratungsgesellschaft mbH)
 - Eisenbütteler Wehr / Oker – Ersatz des vorhandenen Walzenwehres durch einen Neubau (Wasserverband Mittlere Oker / Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner Ingenieurgesellschaft mbH)
 - Petriwehr / Oker – Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit (Wasserverband Mittlere Oker / Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner Ingenieurgesellschaft mbH)
 - Maßnahmen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Renaturierungsplanungen sowie Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen
 - Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie Oberflächengewässer Bearbeitungsgebiet Oker (NLWK)
 - Erstellung eines Planungs- und Maßnahmenkatasters im Zusammenhang mit der Umsetzung der EG-WRRL für das Bearbeitungsgebiet 15 Oker (Oker, Großer Graben (Bode)) und Warme Bode (Bode) (NLWKN)

- Maßnahmenkonzept nach EG-WRRL für den Wasserkörper Oker in Braunschweig (Stadt Braunschweig / Aland)
- Zwischenbericht „Hydraulische Nachweisführung hinsichtlich geplanter Unterhaltungsmaßnahmen an der Oker“ (Stadt Braunschweig / Fugro-HGN GmbH)

9.3 Unterlagen zur Schunter

- Überschwemmungsgebiete HQ₁₀₀:
 - Modelldaten, Ergebnisse und Dokumentationen zu den hydraulischen Berechnungen
 - Historische, vorläufig gesicherte und aktuell festgesetzte Überschwemmungsgebiete
- Umsetzung der europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie bzw. der §§ 73 bis 75 des Wasserhaushaltsgesetzes (Stand 2019):
 - Unterlagen zur vorläufigen Bewertung der Hochwasserrisiken
 - Modelldaten, Ergebnisse und Dokumentationen zu den hydraulischen Berechnungen
 - Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten
- Planungsvorhaben und umgesetzte Maßnahmen:
 - Ausbauplan zur Flutmulde Bevenroder Straße (Stadt Braunschweig)
 - Hochwasserschutzvarianten Schunter – Maßnahmen am ehemaligen Bienroder Wehr für das HQ₁₀₀ (Stadt Braunschweig / Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner Ingenieurgesellschaft mbH)
- Maßnahmen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Renaturierungsplanungen sowie Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen
 - Renaturierung der Schunter in den Gemarkungen Querum und Bienrode (Stadt Braunschweig / Fugro Consult GmbH)
 - Planfeststellung Renaturierung der Schunter im Flurneuordnungsgebiet Hondelage / Dibbesdorf (Stadt Braunschweig / aquaplaner Ingenieurgesellschaft für Wasserwirtschaft, Umwelt, Abwasser)

9.4 Unterlagen zur Wabe / Mittelriede

- Überschwemmungsgebiete HQ₁₀₀:
 - Modelldaten, Ergebnisse und Dokumentationen zu den hydraulischen Berechnungen
 - Historische, vorläufig gesicherte und aktuell festgesetzte Überschwemmungsgebiete
- Umsetzung der europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie bzw. der §§ 73 bis 75 des Wasserhaushaltsgesetzes (Stand 2019):
 - Unterlagen zur vorläufigen Bewertung der Hochwasserrisiken
 - Modelldaten, Ergebnisse und Dokumentationen zu den hydraulischen Berechnungen
 - Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten
- Weitere hydraulische Berechnungen:
 - Hydraulische Berechnungen HQ_{extrem} an der Wabe und Mittelriede im Stadtgebiet Braunschweig (Stadt Braunschweig / Fugro Consult GmbH)
 - Ermittlung des verträglichen Abflusses an Wabe und Mittelriede (Stadt Braunschweig / HGN Hydrogeologie GmbH)
- Planungsvorhaben und umgesetzte Maßnahmen:
 - Wirkung von Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Wabe (Stadt Braunschweig / Samtgemeinde Sickte / Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner Ingenieurgesellschaft mbH)

- Wirkung von Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Wabe - HRB Ohe, Niedersicke und Wabe - (Stadt Braunschweig / Samtgemeinde Sickte / Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner Ingenieurgesellschaft mbH) Hochwasserschutzkonzept für die Stadt Braunschweig
- Kosten-Nutzen-Analyse zur Aktivierung von Retentionsraum an der Wabe südlich von Rautheim zum Hochwasserschutz der Bebauung im Stadtgebiet Braunschweigs (Stadt Braunschweig / HGN Hydrogeologie GmbH)
- Entwicklung und hydraulische Nachweisführung für dezentrale Hochwasserschutzmaßnahmen an der Wabe / Mittelriede im Stadtgebiet Braunschweig (Stadt Braunschweig / Fugro-HGN GmbH)
- Hochwasser und Hochwasserschutz als Herausforderung an die Stadtplanung am Beispiel der Stadt Braunschweig (Bachelorarbeit M. Riedl)
- Maßnahmen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Renaturierungsplanungen sowie Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen
 - Gewässerentwicklungsplan Wabe / Mittelriede für das Stadtgebiet Braunschweig mit Anlagen (Stadt Braunschweig / aquaplaner Ingenieurgesellschaft für Wasserwirtschaft, Umwelt, Abwasser)
 - Renaturierung der Mittelriede und ihrer Aue nördlich der Bundesstraße 1 (Stadt Braunschweig / Ingenieurbüro Lehmann)
 - Renaturierung der Wabe Rautheim im Flurbereinigungsverfahren Rautheim Stadt Braunschweig 12 (Stadt Braunschweig) – derzeit in Überarbeitung, dazu:
 - Hydraulische Nachweisführung geplanter Renaturierungsmaßnahmen an der Wabe im Bereich der Rautheimer Mühle - Hydraulische Berechnungen – (Stadt Braunschweig / Fugro Consult GmbH)
 - Renaturierung Mittelriede Sportplatz am Gänsekamp bis Ebertallee (Stadt Braunschweig / Landschaftsarchitekten Gero Hille, Jürgen Müller)
 - Naturnahe Umgestaltung der Mittelriede in einem Abschnitt südlich der Brücke Ottenroder Straße (SE|BS / Schmal+Ratzbor Ingenieurbüro für Umweltplanung)
 - Naturnahe Umgestaltung der Mittelriede südlich des Klosters Riddagshausen (Stadt Braunschweig / Schmal+Ratzbor Ingenieurbüro für Umweltplanung)
 - Hydraulische Vordimensionierung eines Parallelgewässers zur Mittelriede zwischen Ebertallee und Grünwaldstraße in Braunschweig (Stadt Braunschweig / Fugro Consult GmbH)
 - Bewertung der Hochwasserneutralität der Renaturierungsmaßnahme Mittelriede / Tafelmaker Weg (Stadt Braunschweig / HGN Beratungsgesellschaft mbH)

9.5 Unterlagen zu Kleingewässern, Kanalisation, Starkregen und Sturzfluten

- Bestandsanalysen
 - Rückstauanalysen zum Regenwasser-Kanalnetz (SE|BS)
 - BMBF: Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse (RIMAX): F+E Vorhaben: „Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS)“ – Fallstudie Braunschweig, Aachen, 2008

- Niecke, M: Vergleichende Sturzflut-Modellierung in urbanen Räumen am Beispiel eines Einzugsgebiets in Braunschweig, Masterarbeit TU Dresden, 2013
- Planungsvorhaben und Maßnahmen (Auszug):
 - HGN Beratungsgesellschaft mbH: Entwässerungs- und Regenwasserrückhaltekonzept für das Einzugsgebiet der Kleinen Mittelriede in Braunschweig, 2018
 - Prof. Dr.-Ing. Hartung + Partner Ingenieurgesellschaft mbH: Ausbau des Fuhsekanals im Bereich der Brückenbauwerke BSW 3 a, d, e, f, Braunschweig, 2011
 - Ingenieurbüro Pabsch & Partner GmbH: Hochwasserrückhaltebecken „Kleine Mittelriede“, Hildesheim, 2010
 - HGN Hydrogeologie GmbH: Entwässerung des Baugebietes Lamme Ost und Verbesserung der örtlichen Vorflutverhältnisse, Braunschweig, 2005
 - Darüber hinaus sind diverse Planungen und Maßnahmen mit naturschutzfachlichem Bezug erfasst worden.