

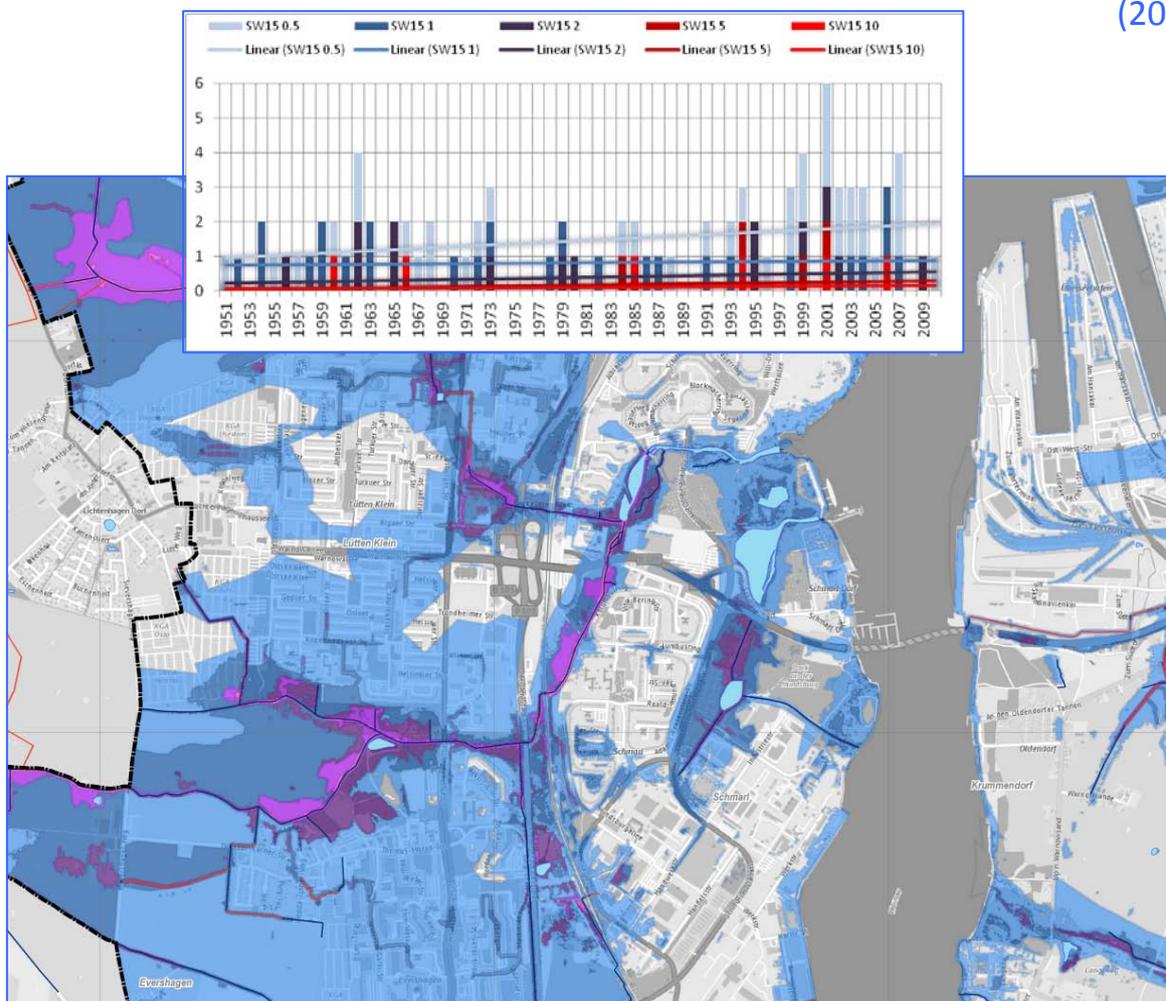
Integriertes EntwässerungsKonzept (INTEK)

Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme
an die Urbanisierung und den Klimawandel

Phase 2: Bewertung der hydrologischen Gefährdung

im Auftrag der
Hansestadt Rostock
Amt für Umweltschutz

(2013)



biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Geschäftsführer:

Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl
Dr. rer. nat. Volker Thiele

USt.-Id.-Nr. (VAT-Number):
Steuernummer (FA Güstrow):
Bankverbindungen:

DE 164789073
086 / 106 / 02690
Konto 114422900 Commerzbank AG (13040000)
Konto 779 750 Volks- und Raiffeisenbank
Güstrow e.G. (14061308)

Sitz:

Telefon:

Telefax:

E-Mail:

Internet:

Handelsregister:

18246 Bützow, Nebelring 15
038461 / 9167-0

038461 / 9167-50 oder -55

postmaster@institut-biota.de

www.institut-biota.de

Amtsgericht Rostock HRB 5562

Auftragnehmer & Bearbeitung:

Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl
Dr. rer. nat. Tim G. Hoffmann
Dipl.-Ing. Marc Schneider
Dipl.-Ing. Anika Lange
Dipl.-Geograf Torsten Foy

biota – Institut für ökologische Forschung
und Planung GmbH

Nebelring 15
18246 Bützow

Telefon: 038461/9167-0
Telefax: 038461/9167-50

Email: postmaster@institut-biota.de
Internet: www.institut-biota.de

unter Mitarbeit von:

Themenbereich: Schöpfwerke (Kapitel 5.4)

Dipl.-Ing. Jörg Seemann

WASTRA-PLAN
Ingenieurgesellschaft mbH

Oll-Päsel-Weg 1
18069 Rostock

Telefon: 0381/809 58-12
Telefax: 0381/809 58-11

Email: info@wastra-plan.de
Internet: www.wastra-plan.de

Auftraggeber:

Dr. Brigitte Preuß
(Leiterin des Amtes für Umweltschutz)

Dr. Andreas Neupert
(Leiter der Abteilung Wasser und Boden
des Amtes für Umweltschutz)

Hansestadt Rostock
Der Oberbürgermeister

Hohlbeinplatz 14
18050 Rostock

Telefon: 0381/381-0
Telefax: 0381/381-1902

Email: brigitte.preuss@rostock.de
Internet: www.rathaus.rostock.de

Themenbereich: Regionale/lokale Niederschlagscharakteristika im Hinblick auf Zeitreihenveränderungen und Klimatrends (Kapitel 6.1)

Prof. Dr. rer. nat. Konrad Miegel

Verein der Freunde und Förderer
des Institutes für Kulturtechnik
und Siedlungswasserwirtschaft
der Universität Rostock e.V.
Satower Straße 48
18059 Rostock

Telefon: 0381/498-3660

Telefax: 0381/498-3462

E-Mail: konrad.miegel@uni-rostock.de

Vertragliche Grundlage: Vertrag vom 05./10.06.2013

Bützow, den 12. Dezember 2013

Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl
Geschäftsführer

Projektbegleitende Arbeitsgruppe:

Holger Matthäus	Senator für Bau und Umwelt der Hansestadt Rostock
Dr. Brigitte Preuß	Leiterin des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock
Dr. Andreas Neupert	Leiter der Abteilung Wasser und Boden des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock
Silvia Klohn	Sachbearbeiterin in der Abteilung Wasser und Boden des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock
Norbert Wieting	Sachbearbeiter in der Abteilung Wasser und Boden des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock
Uwe Badrow	Sachbearbeiter in der Abteilung Wasser und Boden des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock
Thomas Wenske	Sachbearbeiter in der Abteilung Wasser und Boden des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock
Heike Just	Geschäftsführerin des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow/Küste
Jörn Steinhagen	Verbandsingenieur des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow/Küste
Martin Schmid	Verbandsingenieur des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow/Küste
Katja Gödke	Geschäftsführerin des Warnow-Wasser- und Abwasserverbandes
Rainer Horn	Verbandsingenieur des Warnow-Wasser- und Abwasserverbandes
Stefan Bräunlich	Verbandsingenieur des Warnow-Wasser- und Abwasserverbandes
Robert Ristow	Geschäftsführer EURAWASSER Nord GmbH
Hanno Nispel	Leitender Ingenieur der EURAWASSER Nord GmbH
Tobias Schulze	Ingenieur der EURAWASSER Nord GmbH
Michael Hahn	Ingenieur der EURAWASSER Nord GmbH

Inhalt

1	Einführung.....	9
2	Zielstellungen	18
3	Vorgehensweise	20
3.1	Bearbeitungsablauf	20
3.2	Abstimmungen und Einbeziehung von Expertenwissen	20
4	Ergebnisdarstellung.....	22
4.1	Übersicht und Blattschnitte der Fachkarten	22
4.2	Erläuterungen zu den Fachkarten.....	24
5	Fachkarten	25
5.1	Karte 1: Wesentliche Entwässerungssysteme und ihre urbanen Einzugsgebiete	26
5.1.1	Zielstellung.....	26
5.1.2	Datengrundlagen.....	26
5.1.3	Methodik.....	27
5.1.4	Zur Kartendarstellung	27
5.2	Karte 2: Gefährdung durch oberirdische Abflussbahnen und Senkenlagen.....	29
5.2.1	Zielstellung.....	29
5.2.2	Datengrundlagen.....	29
5.2.3	Methodik.....	29
5.2.4	Zur Kartendarstellung	31
5.3	Karte 3: Spezifischer Gebietsabfluss der Teileinzugsgebiete bei Extremniederschlag.....	34
5.3.1	Zielstellung.....	34
5.3.2	Datengrundlagen.....	34
5.3.3	Methodik.....	34
5.3.4	Zur Kartendarstellung	37
5.4	Karte 4: Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen.....	39

5.4.1 Zielstellung	39
5.4.2 Datengrundlagen	39
5.4.3 Methodik.....	41
5.4.4 Zur Kartendarstellung	41
5.5 Karte 5: Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter	43
5.5.1 Zielstellung	43
5.5.2 Datengrundlagen	43
5.5.3 Methodik.....	44
5.5.4 Zur Kartendarstellung	47
5.6 Karte 6: Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser.....	49
5.6.1 Zielstellung	49
5.6.2 Datengrundlagen	49
5.6.3 Methodik.....	49
5.6.4 Zur Kartendarstellung	50
5.7 Karte 7: Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee.....	53
5.7.1 Zielstellung	53
5.7.2 Datengrundlagen	53
5.7.3 Methodik.....	53
5.7.4 Zur Kartendarstellung	53
5.8 Karte 8: Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung	55
5.8.1 Zielstellung	55
5.8.2 Datengrundlagen	55
5.8.3 Methodik.....	55
5.8.4 Zur Kartendarstellung	56
5.8.5 Grundsätzliche Bewertung; weitergehender Untersuchungs- bzw. Handlungsbedarf	57
6 Weitere Ergebnisse.....	60
6.1 Regionale/lokale Niederschlagscharakteristika im Hinblick auf Zeitreihenveränderungen und Klimatrends.....	60
6.1.1 Zielstellung	60

6.1.2	Datengrundlagen	60
6.1.3	Methodik.....	60
6.1.4	Zeitliche Variabilität der Niederschlagsmengen von Starkregenereignissen mit langer Dauer.....	61
6.1.5	Vergleich statistisch und empirisch ermittelter Wiederkehrzeiten von Starkregenereignissen mit kurzer Dauer.....	62
6.1.6	Zeitliche Variabilität der Intensität von Starkregenereignissen mit kurzer Dauer.....	63
6.1.7	Veränderung der Vorbedingungen (Vorfeuchte) vor Starkregenereignissen (Infiltrationsfähigkeit der Böden)	64
6.1.8	Räumliche Variabilität von Starkregenereignissen.....	65
6.2	Absicherung der Daten- und Informationsbereitstellung	67
6.2.1	Zielstellung	67
6.2.2	Methodik.....	67
6.2.3	Ergebnisse	67
7	Quellen, weiterführende Grundlagen	69
7.1	Gutachten, Konzepte, Pläne.....	69
7.2	Rechtsgrundlagen, Förderrichtlinien	70
7.3	Fachliteratur und Normen	70
7.4	Datengrundlagen.....	72
8	Glossar und Abkürzungsverzeichnis.....	73
9	Anhang.....	75

1 Einführung

Durch Niederschläge ausgelöste und offenkundig klimawandelbedingte Hochwasserereignisse der letzten Jahre haben zahlreiche Problemschwerpunkte in der Hansestadt deutlich werden lassen, die auch mit dem zunehmenden Grad der Urbansierung zusammenhängen (BIOTA 2011, 2012a, b, SCHUMANN et al. 2013, MIEGEL et al. 2014, MEHL et al. 2014).

Die Hansestadt Rostock lässt deshalb ein **Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK)** erarbeiten, das die oberste Stufe eines ganzheitlichen, abgestuften Lösungsansatzes darstellt (BIOTA 2012c). Hierbei sind folgende Raum- und Inhaltsebenen zu unterscheiden:

Ebene 1: Stadtgebiets- und Einzugsgebiets-(EZG)-bezogene Analyse der Handlungsnotwendigkeiten und -optionen (INTEK)

Ebene 2: EZG-bezogene Entscheidungen fällen und Lösungsvarianten untersuchen ("Feinkonzepte", Machbarkeitsstudien, Prognosemodelle o.ä.)

Ebene 3: Wahrscheinliche bzw. jeweils akute Probleme identifizieren und konkrete planerische Lösungen entwickeln (operative bzw. Umsetzungsebene)

Box 1-1: Herausforderungen des Klimawandels meistern

„Wichtig erscheint mir, dass wir uns gemeinsam auf ein zunehmend sprunghaft werdendes Klima einstellen und unsere Stadtgesellschaft auf diese Veränderungen robust aufstellen.“

(Holger Matthäus, Senator für Bau und Umwelt, <http://rathaus.rostock.de>)

Engeres Untersuchungsgebiet ist das Stadtgebiet der Hansestadt Rostock. Einzubeziehen sind auf Grund der hydrologischen Fragestellungen ferner die ober- und unterirdischen Zuflussgebiete aus dem Landkreis Rostock. Zu berücksichtigen sind desweiteren hydrologische Daten (Wasserstände) für die Unterwarnow und die Ostsee. Hochwassergefährdung und -risiko aus Sturmfluten sollen damit abgebildet werden.

Die Erarbeitung des INTEK bildet eine „freiwillige“ kommunale Aufgabe, die sich zwar inhaltlich-fachlich an die gesetzlichen Grundlagen (HWRM-RL, WHG, LWaG) anlehnt, aber in dieser Form nicht vorgegeben ist, vgl. u.a. LAWA (2009, 2013), BIOTA (2011, 2013). Das Vorgehen entspricht der

Zielstellung und sogar weitgehend der Systematik und der Methodik des Praxisleitfadens zur Überflutungsvorsorge der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA 2013): *„Die Bemessung und Auslegung von Entwässerungssystemen werden u. a. in DIN EN 752 und Arbeitsblatt DWA-A 118 „Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen“ grundsätzlich geregelt, die auf die langfristige Sicherstellung eines einheitlichen Entwässerungskomforts bei gleichzeitig wirtschaftlich vertretbarem Einsatz an Investitionen abzielen (DIN EN 752, 2008; DWA 2006). Die darüber hinausgehende Überflutungsvorsorge mit Blick auf seltene und außergewöhnliche Starkregenereignisse stellt hingegen eine kommunale*

Gemeinschaftsaufgabe dar –eine Aufgabe, für die es bislang keine etablierten Handlungsschemata gibt. Hier waren die Kommunen bislang weitgehend auf sich allein gestellt [...]

Der Überflutungsvorsorge muss innerhalb der Kommunen zukünftig eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Kommunen – in der Gesamtheit der zahlreichen Akteure – sind aufgefordert, vorausschauende Risikobetrachtungen durchzuführen und daraus zielorientierte Vorsorge-maßnahmen abzuleiten. Im Hinblick auf die urbane Überflutungsvorsorge sollten auf kommunaler Ebene in den nächsten Jahren u. a. vorausschauende Anpassungsstrategien, mehr Systemflexibilität und ein integrales Risikomanagement als wesentliche Bausteine erarbeitet und etabliert werden. Dies verlangt von Planern, Entscheidungsträgern und Bürgern die Auseinandersetzung mit einer „neuen“ Problemstellung; aber auch pragmatische und zugleich zielführende Herangehensweisen und Bewältigungsstrategien sowie effiziente Methoden und praktikable Werkzeuge zur Gefährdungs- und Risikobewertung.

In diesem Zusammenhang darf sich die Überflutungsvorsorge nicht auf Teilaspekte beschränken, sondern muss ganzheitlich und nachhaltig ausgerichtet sein. Dies beinhaltet u. a. die Berücksichtigung stadthydrologischer, städtebaulicher, gewässerbezogener und rechtlicher Aspekte, die Würdigung der dynamischen gesellschaftlichen und klimatischen Entwicklungen sowie die interdisziplinäre Verflechtung entwässerungstechnischer Fragestellungen im Gesamtkontext kommunaler Planungsaufgaben.“ (aus: Vorwort, in DWA 2013)

Wesentlich erscheint zudem der Hinweis, dass neben den engeren Hochwasserschutzzielen vor allem auch die Umsetzungserfordernisse der WRRL, u.a. mit dem Gebot der Zustandsverbesserung von Ge-

wässern und Feuchtgebieten (vgl. auch FÖRiGeF sowie LU M-V 2008), sowie natur-schutzfachliche Zielstellungen mit verfolgt werden sollen, vor allem im Hinblick auf gesetzlich geschützte Biotop, den Artenschutz sowie den Biotopverbund nach BNatSchG. Deshalb ist im Weiteren insbesondere der Abgleich mit dem Landschaftsplan der Hansestadt Rostock (2012) vorzunehmen.

Das **Integrierte Entwässerungskonzept (INTEK)** basiert auf einer einzugsgebietsbezogenen Analyse der Handlungsnotwendigkeiten und soll zur Ableitung von konkreten Handlungsempfehlungen und -optionen führen. Zentrale Anliegen bilden

- a) die **Erhöhung der Resilienz** („Widerstandsfähigkeit“ oder „Robustheit“) gegenüber hydroklimatischen und folglich hydrologischen Extremen im Hinblick auf die wasserwirtschaftlichen Möglichkeiten einer geordneten Stadtentwässerung und
- b) die **Verringerung der Vulnerabilität** („Verletzlichkeit“) potenziell betroffener gesellschaftlicher Bereiche, vor allem eine Verringerung des Schadensrisikos bzw. des Risikos ökonomischer Verluste.

Das Konzept ordnet sich ein in zahlreiche Aktivitäten der Hansestadt Rostock zur Anpassung an den Klimawandel und zum Schutz der Ökosysteme bzw. des Landes Mecklenburg-Vorpommern zur integrierten Optimierung wasserwirtschaftlicher Verhältnisse unter den Aspekten Gewässer-, Hochwasser- und Küsten- sowie Naturschutz. Insbesondere sind zu nennen:

- Rahmenkonzept zur Anpassung an den Klimawandel in der Hansestadt Rostock (2012)
- Klima-Bündnis e.V., Rostock als Mitglied (kommunales Aktionsbündnis, europaweit 1.671 Mitglieder)

- Landschaftsplan der Hansestadt Rostock (2012), Fachbeitrag Umweltprüfung zum Landschaftsplan der Hansestadt Rostock (2012), spezifische Planungen für Biotopverbundsysteme in Rostock
- Ergebnisse der Bewirtschaftungsvorplanung nach WRRL für die tangierenden Gewässereinzugsgebiete sowie die Untere Warnow (<http://www.wrrl-mv.de> bzw. <http://www.wasserblick.net>: Ergebnisse der Bewirtschaftungsvorplanung nach WRRL in Mecklenburg-Vorpommern)
- Landeskonzept „InGe“ – Integrierte Gewässermengenbewirtschaftung entsprechend LUNG M-V (2012)

Box 1-2: Konzept des Landes Mecklenburg-Vorpommern „InGe“ (Integrierte Gewässermengenbewirtschaftung)

„Die vorsorgende Schadensbegrenzung für Schäden, die aus innerörtlichen Niederschlagswasserabflüssen resultieren können, ist Teil der kommunalen Gesamtverantwortung. Dazu bedarf es grundsätzlicher Kenntnisse über in Vorflutern abzuführenden Wassermengen in Abhängigkeit von Wiederkehrwahrscheinlichkeiten. Dabei geht es nicht nur um in Kanälen abzuleitende Niederschlagswassermengen, sondern auch um Kenntnisse über wild abfließendes Wasser von befestigten Oberflächen oder wassergesättigten Böden und die hydraulische Leistungsfähigkeit der Vorfluter.

Um hier sachgerechte Entscheidungen zu Gewässerausbau und -entwicklung treffen zu können, bedarf es fachtechnischer Grundlagen, die in Risikogebieten ein Oberflächenwassermanagement ermöglichen, das auch die Ausweisung von potentiellen Überflutungsflächen einschließt...“

(LUNG M-V 2012)

Bedingt durch die insgesamt geringe Geländehöhe vieler Bereiche der Hansestadt, die Nähe zur Ostsee und das mitten in der Stadt liegende Ästuar der Unterwarnow sind die natürlichen Entwässerungsbedingungen bereits vielfach ungünstig und wurden durch die anthropogenen Aktivitäten eines urbanen Raumes zum Teil verschärft.

Die regionalen Verhältnisse im und entlang des Vorflutsystems lassen sich wie folgt umreißen:

- Natürliche Bedingungen
 - Teilweise geringes oder sehr geringes Gefälle
 - Hohes Potenzial in den Vorflutern für Gewässerverkrautung (abflussbehindernd) und Sedimentation (abflussbehindernd)
 - Ostseerückstau, Flächen auf Meeresspiegelniveau, hohe Küstenwasserstände bei Sturmfluten
 - Teilweise großflächige Moore in ausgeprägten Niederungen
- Anthropogene Bedingungen
 - Moorentwässerung und Moorsackungen tlw. bis unter Meeresspiegelniveau
 - Anthropogenes Vorflutsystem mit hohem Anteil künstlicher Vorfluter zur Flächenentwässerung
 - Gewässerunterhaltung
 - Schöpfwerksentwässerungen
 - Abflussbehindernde Bauwerke

Bei den abflussbestimmenden hydrologischen Verhältnissen sind vor allem folgende Aspekte relevant:

- Abgesehen von der Warnow, relativ kleinräumige Einzugsgebietsstruktur
- Vor allem in peripheren Lagen (tlw. außerhalb Stadtgebiet) Dominanz land-

wirtschaftlicher Nutzung mit hohem Anteil an künstlicher Flächenentwässerung

- Verdrängung von Wäldern, Feuchtgebieten etc. vor allem zugunsten von Siedlungs- und Verkehrsflächen, weiter zunehmende Urbanisierung (Bebauung, Infrastruktur)
- Nur geringe Versickerungsmöglichkeiten auf Standorten mit hohem Grundwasserstand oder bei schweren Böden bzw. Böden mit gering hydraulisch leitenden Schichten (vor allem Ton- und Mergelschichten)
- Künstliche Flächenentwässerung in urbanen Räumen über öffentliche Trenn- und Mischkanalisation, in geringem Umfang: private Entwässerung
- Tlw. hohe bis sehr hohe Verdichtung und demzufolge Versiegelungsgrade, nahezu komplette technische Entwässerung, schnelle Abflusskonzentration (Bedeutung der Versiegelung nimmt aber mit der Intensität und Zeitandauer des Niederschlages ab, da auch der normale Boden bei zunehmender Sättigung bzw. geringer werdender Leitfähigkeit ähnliche hydrologische Wirkungen zeigt)
- Bei intensiven Niederschlägen bzw. hohen Abflüssen eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Kanalnetze (aber auch künstliche Retention auf urbanen Flächen, z.B. Straßenüberstau)
- In den letzten Jahren mehren sich die Anzeichen dafür, dass in einigen Tieflandregionen auf der Ebene von Bach- bzw. kleinen Flussgebieten autochthone Hochwasser im Zusammenhang mit konvektiven Starkregenereignissen verstärkt auftreten, was mit hoher Wahrscheinlichkeit Folge des Klimawandels ist. Das nördliche Mecklenburg einschließlich des Großraumes Rostock stellt angesichts zahlreicher Extremnie-

derschlagsereignisse der vergangenen Jahre offenkundig so eine Region dar (MEHL & SCHNEIDER 2009)

- Eine Zunahme von Starkregenereignissen im nördlichen Mitteleuropa ist zum einen bereits für die letzten Jahre nachgewiesen und zum anderen ist eine weitere Zunahme wahrscheinlich (IPCC 2007, 2012); so wurde u.a. beim Expertenworkshop „Veränderung des Klimas – Herausforderungen eines nachhaltigen und vorbeugenden Hochwasserschutzes“ im Umweltbundesamt im Jahr 2004 festgestellt, dass größere bzw. häufigere Hochwasser in kleinen Einzugsgebieten (unter 100 km²) in Deutschland vor allem im Sommer wahrscheinlich sind (IFOK 2005)
- Relativ kurzzeitige Starkregen sind Hauptauslöser von Hochwasserereignissen, zudem vielfach mit siedlungswasserwirtschaftlichem Hintergrund (kleine EZG), damit zeitlicher Schwerpunkt im hydrologischen Sommerhalbjahr (konvektive Genese, vor allem Gewitterzellen)
- Starkregen advektiver Genese (aufgleitender Niederschlag infolge überwiegend horizontaler Luftbewegung) und längerer Zeitandauer sind statistisch gesehen sehr selten, haben aber wegen der enormen Wassermengen (Abflussfülle) und der langen Dauer ein hohes Schadenspotenzial durch verstärkten Grundwasseranstieg und in Vorflutssystemen mit hoher Bedeutung von Speichervorgängen (Niederungen, anthropogene Abflusslösungen durch Schöpfwerke etc.)
- Das Bemessungsniveau (Wiederkehrintervall T und Raumbezug) der siedlungswasserwirtschaftlichen Anlagen entspricht nicht dem der Vorfluter, insbesondere bei Risikogebieten; nach DIN EN 752-2:2008-04 außer bei unterirdi-

schen Verkehrsanlagen/Unterführungen höchstens bei T = 20...30 a, bei Vorflutern je nach Fragestellungen bis zu T = 100 oder ggf. noch größer; im Regelfall erfolgte bislang keine Betrachtung komplexer Einzugsgebiete bei siedlungswasserwirtschaftlichen Nachweisen

Insofern bestehen folgende Gefahren und Risiken durch Stark- und/oder Dauerregen und resultierende Extremabflüsse (Beispiele in Abb. 1-1 und 1-2):

- ⇒ Rückstau in Regen- und Mischwasserkanalssysteme und damit temporäre Reduktion der technischen Entwässerungsmöglichkeiten; als Folge Verringerung der Aufnahme von Regenwasser (mögliche primäre Überflutungen) sowie im Regelfall Entlastung durch Schachtbauwerke (sekundäre Überflutungen)
- ⇒ Versagen von Bauwerken durch Überströmen, Druckströmungen (Standicherheit, Auskolkungen etc.)
- ⇒ Überflutungsgefährdungen von Straßen, Wegen
- ⇒ Gefährdungen von Kellern und Tiefgaragen (ggf. auch von Gebäudeteilen im Parterre) durch Oberflächenwasser
- ⇒ Gefährdungen von baulich ungeschützten Kellern, Tiefgaragen und Infrastrukturanlagen durch hohe Grundwasserstände
- ⇒ Gefahren durch Versagen/eingeschränktes Funktionieren von Schöpfwerken (Havariefälle)
- ⇒ Potenziell kritische Überlagerungsprozesse: Binnen- und Küstenhochwasser
- ⇒ Beeinträchtigungen der hydromorphologischen, chemisch-physikalischen und biologischen Qualitätskomponenten des ökologischen Zustands und des chemischen Zustands nach WRRL, z.B. „hydraulischer

Stress“ für die Organismen der Gewässer durch Regenwassereinleitungen, Stoffeinträge, Sediment-Erosions- und Akkumulationsprozesse etc.

Im urbanen Raum besonders relevant sind die sich aus den Gefährdungen ohne Abhilfe und adäquate Lösungen ergebenden Risiken in Bezug auf Schäden und wirtschaftliche Verluste.

In Tabelle 1.1 sind zur Veranschaulichung der Grundproblematik alle wesentlichen hydrologischen Parameter dargestellt und deren Einfluss auf die folgenden hochwasserrelevanten Kriterien bewertet:

- ⇒ die Abflussbereitschaft (Bildung von Landoberflächenabfluss)
- ⇒ die Abflusskonzentration
- ⇒ die Scheitelabflusshöhe
- ⇒ das Abflussvolumen und
- ⇒ den Durchflussverlauf

Eine Gefährdung aus Sturmfluten der Ostsee ist dabei fachlich einfacher zu bewerten: Die Hochwasserschutzanlagen müssen adäquat zur Gefahr und risikogemäß bemessen sein und dürfen schlicht nicht versagen!

Anschließend (rechte Tabellenspalte) wird die Beeinflussbarkeit im Rahmen regionaler Maßnahmen eingeschätzt. Es zeigt sich, dass die eigentlichen Handlungsfelder für hochwassermindernde Maßnahmen vor allem bei der Art und Weise der Flächennutzung und bei der Gestaltung von Entwässerungsnetzen, Abflussbahnen und

letztlich bei der Gestaltung von Gewässern und ihren Bauwerken liegen.



Abbildung 1-1: Überschwemmtes Grundstück Ricarda-Huch-Straße 12 (Rostock Evershagen Dorf) während des Sommerhochwassers 2011 (Quelle Amt für Umweltschutz, aus BIOTA 2012b)



Abbildung 1-2: Sprudelnder Gully im Brigitte-Reimann-Ring (Rostock Evershagen Dorf) während des Sommerhochwassers 2011 (Quelle Amt für Umweltschutz, aus BIOTA 2012b)

Tabelle 1-1: Bedeutung hydrologischer Parameter für die Hochwasserausbildung in Gewässern und Einschätzung der Beeinflussbarkeit durch regionale Maßnahmen

Hydrologischer Parameter	Einfluss auf...					Beeinflussbarkeit im Rahmen regionaler Maßnahmen: potenzielle Handlungsfelder
	Abflussbereitschaft (Bildung von Landoberflächenabfluss)	Abflusskonzentration	Scheitelabflusshöhe	Abflussvolumen	Durchflussverlauf	
Ereignisbezogene Niederschlagsmenge (-summe)	gering	mittel	hoch	hoch	kein	keine/sehr gering
Niederschlagsintensität	hoch	hoch	hoch	hoch	mittel	keine/sehr gering
Niederschlagsdauer	gering	hoch	hoch	mittel	mittel	keine/sehr gering
Niederschlagsverlauf (zeitlich, räumlich)	gering	hoch	hoch	mittel	hoch	keine/sehr gering
Vorfeuchte/Vorsättigung des Bodens	hoch	mittel	hoch	mittel	kein	keine/sehr gering
Besondere meteorologische Konstellationen: Schneeschmelze mit Niederschlägen, Niederschläge auf gefrorenem Boden	hoch	hoch	hoch	hoch	mittel	keine/sehr gering
Versickerungsfähigkeit des Bodens	hoch	mittel	hoch	mittel	kein	gering
(anfänglicher) Grundwasserstand bzw. Grundwasserflurabstand	hoch	mittel	hoch	mittel	kein	gering

Hydrologischer Parameter	Einfluss auf...					Beeinflussbarkeit im Rahmen regionaler Maßnahmen: potenzielle Handlungsfelder
	Abflussbereitschaft (Bildung von Landoberflächenabfluss)	Abflusskonzentration	Scheitelabflusshöhe	Abflussvolumen	Durchflussverlauf	
Relief/Geländegefälle	hoch	hoch	hoch	gering	kein	keine/sehr gering
Bodenbedeckung/Landnutzung auf unversiegelten Flächen	hoch	mittel	hoch	mittel	kein	mittel
Art und Umfang versiegelter Flächen	hoch	hoch	hoch	hoch	kein	hoch
Geländerauigkeit, Vorhandensein und Zahl/Größe von Mulden/Senken außerhalb von Abflussbahnen (ohne Hochwasserrisiko)	kein	hoch	hoch	mittel	kein	mittel
Einzugsgebietsgröße	kein	hoch	hoch	hoch	gering	gering
Einzugsgebietsform	kein	hoch	hoch	kein	gering	keine/sehr gering
Vorhandensein und Netzdichte von Abflussbahnen	kein	hoch	hoch	kein	mittel	mittel
Sohlgefälle der Fließgewässer	kein	kein	hoch	kein	hoch	gering
Rauigkeiten der Fließgewässer	kein	kein	hoch	kein	hoch	hoch

Hydrologischer Parameter	Einfluss auf...					Beeinflussbarkeit im Rahmen regionaler Maßnahmen: potenzielle Handlungsfelder
	Abflussbereitschaft (Bildung von Landoberflächenabfluss)	Abflusskonzentration	Scheitelabflusshöhe	Abflussvolumen	Durchflussverlauf	
Größe und Form der Abflussquerschnitte der Fließgewässer einschließlich Bauwerken	kein	kein	hoch	kein	hoch	hoch
Mahlbusengröße (Speicher) und Leistungsfähigkeit von Schöpfwerken	kein	kein	hoch	kein	hoch	hoch
Lage/Anordnung und Größe von Retentionsräumen im Gewässernetz einschließlich Gewässerniederungen	kein	kein	hoch	kein	hoch	hoch
Rückstau/Überlagerung mit Hochwasser von Ostsee/Warnow	kein	kein	hoch	kein	hoch	keine/sehr gering

2 Zielstellungen

Vor dem oben skizzierten Hintergrund werden bei der Erarbeitung eines integrierten Entwässerungskonzeptes folgende Ziele verfolgt:

- Analysieren der Ist-Situation in Bezug auf Ursachen und Wirkungen in folgenden Bereichen
 - *Regionale Niederschlagsverhältnisse, insbesondere in Bezug auf Starkregen und Klimaindizierung*
 - *Regionale hydrologische Verhältnisse, insbesondere in Bezug auf Extremabflüsse*
 - *Siedlungswasserwirtschaft, insbesondere Regen- und Mischwasser-netze*
 - *Vorflutersituation, Schöpfwerke*
 - *Gefährdung und Risiko aus Sturmfluten der Ostsee*
 - *Städtebauliche Entwicklung, Vorhaben und Konzeptionen, F-Pläne, ggf. B-/V+E-Pläne in relevanten Bereichen*
- Integrieren und Aufbereiten des vorhandenen Expertenwissens (vor allem Verbände)
- Optimierung der Fach, Behörden und Institutionen übergreifenden Zusammenarbeit
- Herausarbeitung von Schwerpunkträumen und Prioritäten
- Ableitung/Begründung von „Entwässerungsachsen“ sowie ihrer multifunktionalen Anknüpfungspunkte
- Abgleich mit Gewässer-, Moor- und Naturschutzstrategien; Suche nach Synergie- oder frühzeitigen Kompromisslösungen
- Vorschläge für Verantwortlichkeiten

- Darstellung der Erfordernisse eines regionalen Hochwasser- bzw. Überflutungsrisikomanagements
- Darstellung/Bewertung von konzeptionellen und technischen Möglichkeiten, Entscheidungssysteme für Genehmigungen in den Vollzug bei der unteren Wasserbehörde zu integrieren
- Abprüfung von ggf. vorhandenen finanziellen Fördermöglichkeiten oder der Aufgabenverlagerung in andere Zuständigkeiten
- Entwicklung von Vorschlägen für geeignete Formen der Öffentlichkeitsarbeit/-beteiligung

Alle kartographisch verortbaren Daten, Informationen und Ergebnisse werden in einem Geographischen Informationssystem (GIS) dargestellt. Damit ist es auch möglich, diese Daten für eine Integration in Map Info Professional, das Geographische Informationssystem des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock, bereitzustellen, womit Bearbeitungskontinuität und unbeschränkte Nachnutzung abgesichert werden können (s. im Weiteren).

Entscheidende fachliche Grundlage bildet eine Bewertung der hydrologischen Gefährdung, welche zugleich die prinzipiellen Handlungsnotwendigkeiten offenbart (vgl. Auswertebispiel in Abbildung 2-1).

Die Aufgabenstellung dieser „Bewertung der hydrologischen Gefährdung“ umfasst folgende Aspekte:

- Analysieren der regionalen/lokalen Niederschlagscharakteristika im Hinblick auf Zeitreihenveränderungen und Klimatrends
- Bestimmung der wesentlichen Entwässerungssysteme und ihrer urbanen Einzugsgebiete

- Bestimmung des spezifischen Gebietsabflusses der Teileinzugsgebiete bei Extremniederschlag
- Gefährdung durch oberirdischen Abflussbahnen und Senkenlagen
- Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen
- Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter
- Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser
- Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee
- Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung

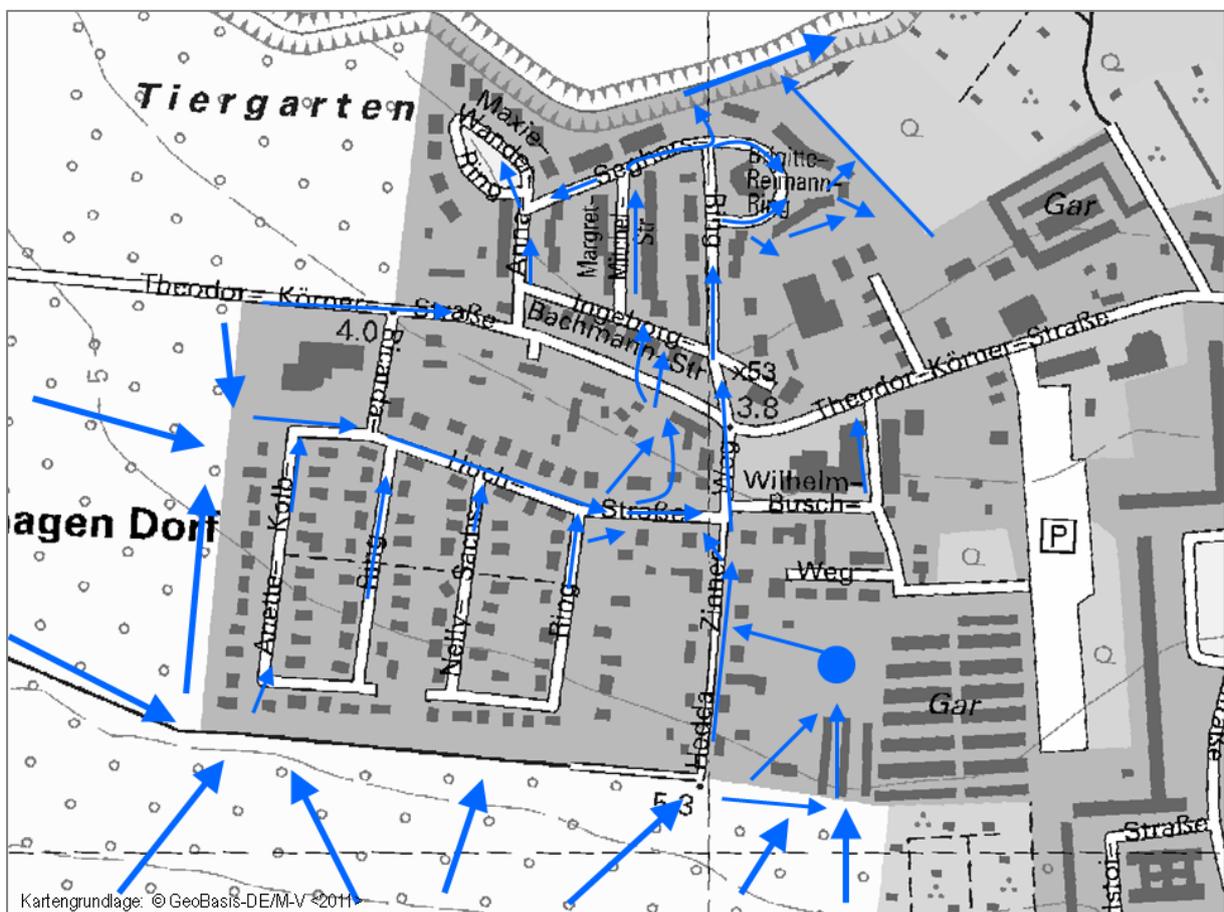


Abbildung 2-1: Darstellung der Fließwege bei der Überflutung infolge der Niederschläge vom 28. bis 30.07.2011 in Rostock Evershagen Dorf (Ergebnis der Auswertung aller Quellen), aus BIOTA (2012b)

3 Vorgehensweise

3.1 Bearbeitungsablauf

Der Ablauf der Bearbeitung orientiert sich an datentechnischen und methodischen Aspekten (Abb. 3-1. Insofern fußen die Analysen häufig auf vorher durchgeführten Grundlagenbewertungen und/oder Ergebnissen zu Teilaspekten.

Basis aller Betrachtungen sind die hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Systeme; sie bestimmen Systemarten, -folgen, -grenzen und -größen. Bei den im weitesten Sinne „natürlichen“ Systemen spielen so-

wohl das permanente Gewässernetz (Fließ- und Standgewässer) als auch das temporäre (Abflussbahnen und gefüllte Senken) eine entscheidende Rolle.

Die Gefährdungsanalyse beinhaltet noch keine dezidierten und fundierten Risikobetrachtungen, d.h. dieser Schritt umfasst noch keine Analysen und Bewertungen zu möglichen Beeinträchtigungen und Schäden der einzelnen Schutzgüter sowie damit ggf. verbundener Kosten oder Kostenrelationen (vgl. HWRM-RL oder LAWA 2013).

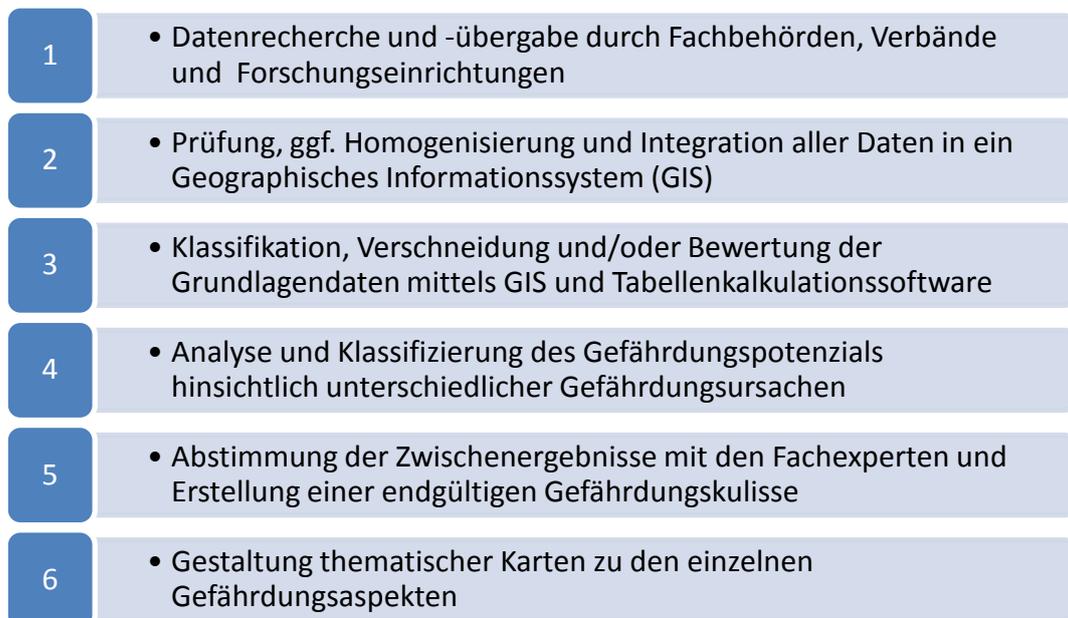


Abbildung 3-1: Prinzipielle Vorgehensweise bei der Auswertung der Gefährdungsaspekte

3.2 Abstimmungen und Einbeziehung von Expertenwissen

Die Zwischenergebnisse und Ergebnisse dieser Gefährdungsanalyse wurden in der projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) vorgestellt und diskutiert.

Als besonders wichtig wird die erfolgte Einbeziehung des vorhandenen Expertenwissens der PAG-Mitglieder angesehen, was durch separate Abstimmungen an folgenden Terminen erfolgte:

- 20.08.2013: Fachliche Abstimmung bei der EURAWASSER Nord GmbH: Überprüfen erster Ergebnisse der Gefährdungsanalysen, Abstimmung zur Vorgehensweise bei verzweigten Entwässerungssystemen
- 20.09.2013: PAG-Abstimmung im Amt für Umweltschutz der Hansestadt Rostock
- 01.11.2013: Fachliche Abstimmung bei der EURAWASSER Nord GmbH: Abstimmung

- mung zur Vorgehensweise bei verzweigten Entwässerungssystemen, Übernahme der Berechnungsergebnisse im Rahmen des INTEK-Projektes als Eingangsdaten in das hydrodynamische Modell der EURAWASSER Nord
- 19.11.2013: Fachliche Abstimmung bei WWAV/EURAWASSER Nord GmbH zusammen mit Mitarbeitern der Abteilung Wasser und Boden des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock: Überprüfen der Gefährdungsanalysen, Berücksichtigung des Expertenwissens
 - 26.11.2013: Fachliche Abstimmung mit der Abteilung Wasser und Boden des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock: Überprüfen der Gefährdungsanalysen, Berücksichtigung des behördlichen Wissens
 - 27.11.2013: Fachliche Abstimmung mit dem Wasser- und Bodenverband Untere Warnow/Küste: Überprüfen der Gefährdungsanalysen, Berücksichtigung des Expertenwissens
 - 11.02.2014: Schriftliche Hinweise, Ergänzungswünsche, Email des Amtes für Umweltschutz, Abteilungsleiter Wasser und Boden

4 Ergebnisdarstellung

4.1 Übersicht und Blattsnitte der Fachkarten

Das Gros der Ergebnisse besitzt einen Raumbezug und lässt sich daher am besten in Kartenform darstellen. Dabei werden die einzelnen Gefährdungsaspekte in separaten, thematisch geordneten Fachkarten wiedergegeben. Diese werden umfassend in Kapitel 5 erläutert. Eine Gesamtübersicht aller Karten ist Kapitel 4.2 zu entnehmen.

Alle Karten für die Hansestadt Rostock werden wegen der abzubildenden Gebietsgröße und um einen möglichst hohen Detailgrad zu erreichen, original in DIN-A1-Größe und dabei im Maßstab 1:18.000 bzw. 1:20.000 erstellt.

Kartographisch muss hierzu die Hansestadt Rostock mit jeweils drei einzelnen Karten je Thema abgebildet werden. Die Blätter überlagern sich dabei in weiten Bereichen (Abb. 4-1), was hilft, den räumlichen Zusammenhang beim Wechsel von einem Blatt zum nächsten zu wahren.

Die Tabelle 4-1 enthält eine Übersicht der Stadtteile mit der Kennzeichnung des relevanten Blattes: Blatt 1 umfasst den südlichen Teil der Hansestadt, Blatt 2 die Bereiche westlich und Blatt 3 die Stadtteile östlich der Warnow.

Als topographische Kartengrundlage wird die „Offene Regionalkarte Mecklenburg-Vorpommern“ (ORKa MV) in Graustufen verwendet (<http://www.orka-mv.de/nutzungsbedingungen.html>).

Tabelle 4-1: Stadtteile Rostocks und zugehörige Kartenblätter

Stadtteil	Blatt 1 (Maßstab 1:18.000)	Blatt 2 (Maßstab 1:18.000)	Blatt 3 (Maßstab 1:20.000)	Stadtteil	Blatt 1 (Maßstab 1:18.000)	Blatt 2 (Maßstab 1:18.000)	Blatt 3 (Maßstab 1:20.000)
Seebad Warnemünde		X		Südstadt	X		
Diedrichshagen		X		Biestow	X		
Markgrafenheide			X	Stadtmitte	X		
Hohe Düne		X		Brinckmannsdorf	X		
Hinrichshagen			X	Dierkow-Neu	X		
Wiethagen			X	Dierkow-Ost	X		
Torfbrücke			X	Dierkow-West	X		
Lichtenhagen		X		Toitenwinkel	X		
Groß Klein		X		Gehlsdorf	X	X	
Lütten Klein		X		Hinrichsdorf	X		
Evershagen		X		Krummendorf	X	X	
Schmarl		X		Nienhagen			X
Reutershagen	X			Peez		X	X
Hansaviertel	X			Stuthof			X
Gartenstadt/Stadtweide	X			Jürgeshof			X
Kröpeliner-Tor-Vorstadt	X						

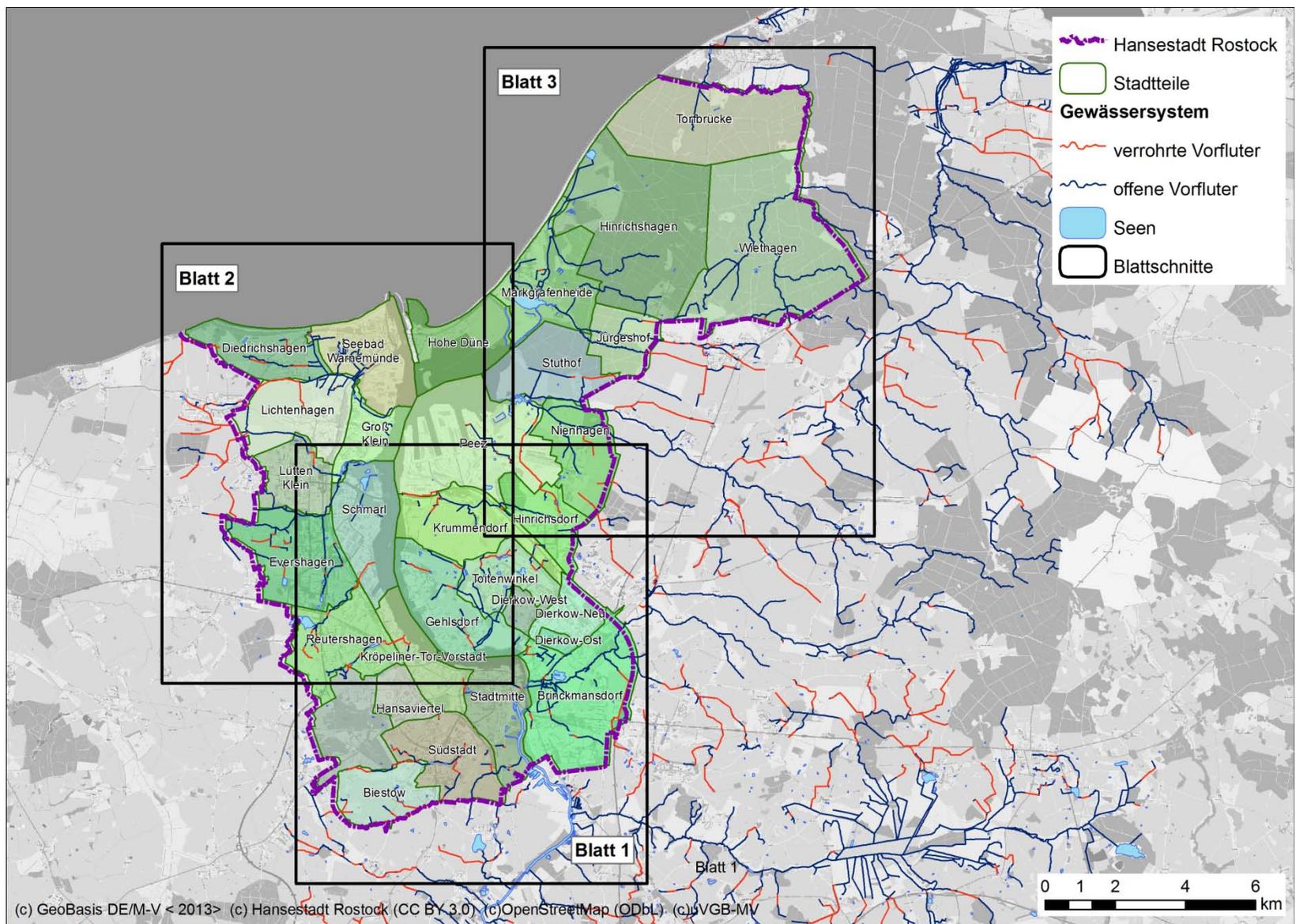


Abbildung 4-1: Übersicht zum gewählten Blattschnitt für die Hansestadt Rostock

4.2 Erläuterungen zu den Fachkarten

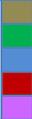
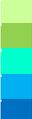
Im nachfolgenden Kapitel werden alle relevanten Informationen zu den erarbeiteten und **separat anliegenden** Fachkarten in Kurzform beschrieben. Dies beinhaltet jeweils:

- Zielstellung
- Datengrundlagen
- Methodik
- Ggf. notwendige Hinweise zur Interpretation der Informationen
- Erläuterung der Kartendarstellung im Hinblick auf fachspezifische räumliche oder inhaltliche Aspekte (mit Hinweisen zu Besonderheiten und Schwerpunkten)

Für alle Karten gelten zudem folgende Hinweise:

- Die Aussagegenauigkeit der Ergebnisse ist immer nur so hoch wie es die Eingangsdaten zulassen.
- Die Karten repräsentieren einen Datenstand zum Ist-Zustand vom Dezember 2013. Spätere Daten oder Informationen, z.B. zu umgesetzten bzw. in Planung befindlichen Vorhaben werden nicht berücksichtigt.
- Da es sich bei INTEK um ein stadtweites Konzept handelt, liegt der Schwerpunkt auf einer Darstellung der übergreifenden Entwässerungssysteme und Gefährdungsfaktoren. Spezielle kleinräumige Besonderheiten und lokale Einzelgefährdungen (z.B. einzelnes Haus in einer Senke, individuelle Probleme mit der Grundstücksentwässerung) können aufgrund des Betrachtungsmaßstabes im Regelfall nicht wiedergegeben werden.

5 Fachkarten

Karte 1		Wesentliche Entwässerungssysteme und ihre urbanen Einzugsgebiete
Karte 2		Gefährdung durch oberirdische Abflussbahnen und Senkenlagen
Karte 3		Spezifischer Gebietsabfluss der Teilein- zugsgebiete bei Extremniederschlag
Karte 4		Gefährdung durch begrenzte Leistungsfä- higkeit von Schöpfwerksanlagen
Karte 5		Gefährdung durch begrenzte Leistungsfä- higkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter
Karte 6		Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser
Karte 7		Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee
Karte 8		Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung

5.1 Karte 1: Wesentliche Entwässerungssysteme und ihre urbanen Einzugsgebiete

5.1.1 Zielstellung

Zielstellung dieses Arbeitsschrittes ist es, für die hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Analysen eine sachgerechte areale bzw. systemhafte Datenbasis zu schaffen. Dies sollte folgende Teile enthalten:

- Maßgebliche und vor allem hydrologisch relevante Differenzierung nach ober- und unterirdischen Teileinzugsgebieten
- Abbildung urbaner, siedlungswasserwirtschaftlicher Strukturen
- Analyse des Gewässernetzes nach wichtigen Knotenpunkten zur Widerspiegelung der wichtigsten (ständigen) Abflussbahnen unter Beachtung der Einzugsgebietsstrukturen

„Abflussprozesse manifestieren sich räumlich und lassen sich folglich systemhaft und in ihren arealen Strukturen fassen. Oberflächlich ablaufendes Wasser (Landoberflächen- und Gewässerabfluss), aber auch der bodeninnere (hypodermische) Abfluss folgen der Schwerkraft. Die Systemgrenzen werden hiernach durch die orographische Situation bestimmt. Die oberirdischen Wasserscheiden bzw. Einzugsgebietsgrenzen sind dementsprechend kammartige Erhebungen der Geländeoberfläche“ (MEHL 2004). Das Einzugsgebiet kann somit definiert werden als in der Horizontalprojektion gemessenes Gebiet, aus dem Wasser einem bestimmten Ort zufließt (DIN 4049 Teil 1).

Die maßgeblichen Wasserscheiden des oberirdischen Einzugsgebietes können im Ergebnis der orographischen Bedingungen, modifiziert durch die künstliche Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen (Dränung) sowie die siedlungswasserwirtschaftliche Situation (Regenkanalnetze und zugehörige urbane Einzugsgebiete) bestimmt werden.

Knotenpunkte stellen sinnvolle „Kontrollpunkte“ im technischen und/oder natürlichen Entwässerungsnetz dar. Auf diesem systemorientierten Prinzip basieren auch viele Rechenmodelle zur Abbildung des Niederschlag-Abfluss-Prozesses oder hydrodynamische Modelle.

Knotenpunkte erlauben somit, maßgebliche Kenngrößen des Abflussprozesses an den wichtigsten Stellen des Netzes zu berechnen und mit Kontrollgrößen zu vergleichen. Wichtigste hydrologische und hydraulische Größen (je nach Berechnungsansatz stationär oder instationär, d.h. vereinfacht als „konstant“ angesetzte oder „zeitabhängige“ Prozesse) sind:

- Abfluss (mm oder $l\ s^{-1}\ km^{-2}$)
- Durchfluss (m^3/s oder l/s)
- Wasserstand bzw. Druckhöhe (m NHN)
- Oberliegende Rückhalteräume (m^3)
- Rechnerischer Maximalabfluss über das Entwässerungssystem (m^3/s oder l/s)

5.1.2 Datengrundlagen

- Digitales Geländemodell DGM-Küste (STALU MM 2011)
DGM Küste: 3D-Koordinaten aus Laser-scan-Befliegung im Ascii-Format in einer Auflösung von 5 m x 5 m (Lage- Bezugssystem: GK 42/83 3°; Höhenbezug: HN76), Höhenfehler des Datensatzes kann 0,25 m bis zu 1 m betragen.
- Digitales Kataster des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow/Küste (WBV UNTERE WARNOW-KÜSTE 2013)
- Digitales Kataster des Entwässerungs- bzw. Kanalsystems des Warnow-Wasser-Abwasserverbandes bzw. der EURAWASSER Nord GmbH (EURAWASSER 2013)

5.1.3 Methodik

Als Arbeitsschritte zur Ermittlung der urbanen Einzugsgebiete und Knotenpunkte wurden im Geoinformationssystem durchgeführt:

1. Übernahme der Katasterdaten des urbanen Entwässerungssystems von den Leitungsträgern; Berücksichtigung fanden dabei alle Gewässer einschließlich Rohrleitungen innerhalb der Stadtgrenzen sowie auch der dem Stadtgebiet zufließenden Vorfluter (Abb. 5-1).



Abbildung 5-1: Ausschnitt aus dem urbanen Entwässerungssystem

2. Prüfung und Plausibilisierung, ggf. Ergänzung und Anpassung, der Daten in Zusammenarbeit mit den Leitungsträgern.
3. Integration des urbanen Entwässerungssystems in das digitale Geländemodell (DGM); dabei werden unter den Entwässerungsbahnen liegende Rasterzellen automatisch eingetieft, so dass die reale Entwässerungsrichtung aus dem DGM ableitbar ist (Abb. 5-2).
4. Berechnung der Einzugsgebiete (bei einer durchschnittlichen Größe von 12 ha) anhand des überarbeiteten DGM.
5. Knotenpunkte ergeben sich jeweils „automatisch“ an den Auslässen der Teileinzugsgebiete.

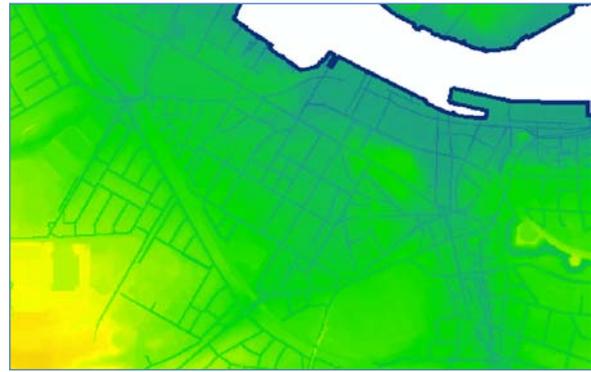


Abbildung 5-2: Digitales Geländemodell mit „eingepprägten“ Entwässerungsbahnen

5.1.4 Zur Kartendarstellung

Für die Hansestadt Rostock und die umliegenden Zuflussgebiete können insgesamt 2.488 Teileinzugsgebiete ausgewiesen werden. Außerdem sind insgesamt 577 km Rohrleitungen der städtischen Regenentwässerungssysteme (differenziert in Regen- und Mischsysteme) und 662 km Gewässerbahnen (differenziert in offene und verrohrte Vorfluter) aus dem Kataster des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow/Küste relevant.

Direkt (ohne eigene Vorfluter) in die Unterwarnow oder die Ostsee entwässernde Teilgebiete wurden nicht extra ausgewiesen.

Aufgrund des komplexen, stark verzweigten Siedlungsentwässerungssystems sind die im stärker urbanen Bereich ausgegrenzten Teilgebiete in der Regel wesentlich kleiner als jene im Umland.

Die Farbgebung der Teileinzugsgebiete dient ausschließlich der visuellen Unterscheidung und hat damit keine weitere inhaltliche Bedeutung.

- Karte 1  Wesentliche Entwässerungssysteme und ihre urbanen Einzugsgebiete
- Karte 2**  **Gefährdung durch oberirdische Abflussbahnen und Senkenlagen**
- Karte 3  Spezifischer Gebietsabfluss der Teileinzugsgebiete bei Extremniederschlag
- Karte 4  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen
- Karte 5  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter
- Karte 6  Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser
- Karte 7  Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee
- Karte 8  Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung

5.2 Karte 2: Gefährdung durch oberirdische Abflussbahnen und Senkenlagen

5.2.1 Zielstellung

Bei intensiven und/oder langanhaltenden Niederschlägen kann Oberflächenabfluss auftreten. Dieser bildet sich, wenn die Niederschlags- die Infiltrationsintensität übersteigt (es fällt mehr Regen als zeitgleich versickern kann). Landoberflächenabfluss unterliegt allgemein einer schnellen Abflusskonzentrationswirkung und füllt in kurzer Zeit Senken und Mulden. Dies führt in der Folge zu schnell ansteigenden und steilen Abflusswellen in Gewässersystemen, da sich in den Tiefpunkten des Geländes Abflussbahnen bilden, die das Wasser rasch in Richtung Vorfluter bringen.

Darüber hinaus ergeben sich Hochwasserbetroffenheiten bereits häufig dort, wo z.B. Gebäude ohne entsprechende bauliche Vorkehrungen in größeren Abflussbahnen oder Senkenlagen errichtet worden sind. Eine Senkenanalyse in Kombination mit einer Abflussbahnenanalyse hilft, solche potentiellen Problembereiche zu erkennen.

5.2.2 Datengrundlagen

- Digitales Kataster des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow/Küste (WBV UNTERE WARNOW-KÜSTE 2013)
- Digitales Geländemodell DGM-Küste (STALU MM 2011)
 DGM Küste: 3D-Koordinaten aus Laser-scan-Befliegung im Ascii-Format in einer Auflösung von 5 m x 5 m (Lage- Bezugssystem: GK 42/83 3°; Höhenbezug: HN76), Höhenfehler des Datensatzes kann 0,25 m bis zu 1 m betragen.

5.2.3 Methodik

Die Senken und Abflussbahnen wurden mit Hilfe eines Geographischen Informations-

systems (GIS) aus dem digitalen Datensatz der Geländehöhen erzeugt (für Abflussbahnen siehe Schema in Abbildung 5-3). Dabei wird jede Rasterzelle hinsichtlich ihrer Höhe mit ihren Nachbarrasterzellen verglichen.

Eine **Abflussbahn** ist ein temporäres, sich im Regelfall bei Landoberflächenabfluss bildendes Fließgewässer. Die Abflussbahn stellt insofern eine Gefahr dar, dass risikobehaftete Nutzungen (vor allem Bauobjekte) in solchen Bahnen liegen können. Zum anderen verstärken sie den Abflussprozess, indem sie die Gewässernetzdichte bei einem Abflussereignis erhöhen und somit zu schneller Translation (Volumenverschiebung) beitragen. Das abfließende Wasser wird nach unterhalb abgegeben und kann zu einer Beschickung von Senken führen. Zu einer Aktivierung der Abflussbahn kommt es, wenn die Niederschlags- die Infiltrationsintensität übersteigt, der gebildete Abfluss die Tiefenlinien des Reliefs füllt und dem Gefälle nach der Fließprozess einsetzt.

Die Einstufung der Gefährdung erfolgt anhand einer Analyse der über die jeweilige Abflussbahn entwässerten Einzugsgebiete (A_{EZG}). Je größer die angeschlossene Fläche ist, umso größer ist auch die Abflussmenge, die bei einem Regenereignis zum Abfluss kommen kann (Tab. 5-1).

Tabelle 5-1: Klassen der Gefährdung hinsichtlich der Abflussbahnen

	Sehr hoch $A_{EZG} > 1000$ ha
	Hoch $250 \text{ ha} < A_{EZG} < 1000$ ha
	Mittel $25 \text{ ha} < A_{EZG} < 250$ ha
	Niedrig $5 \text{ ha} < A_{EZG} < 25$ ha

Einarbeitung der Gewässerläufe (Digitales Kataster des WBV) in das vorhandene DGM

- Gewässerverläufe werden aufgrund der räumlichen Auflösung im vorliegenden DGM nicht in Gänze abgebildet
- Verbesserung des vorhandenen Rasters → Einarbeitung der tatsächlichen Gewässerverläufe ("Einprägung")

Bestimmung der Fließrichtung

- Ergebnis ist ein Raster mit der Fließrichtung jeder Rasterzelle zur jeweiligen Nachbarzelle mit der steilsten Neigung

Bestimmung der Mulden über Abflussakkumulation

- Abflussakkumulation ergibt sich aus der Anzahl der höher liegenden Zellen, die in die aktuell bearbeitete Zelle entwässern
- Ergebnis ist ein Raster der Abflussakkumulation jeder Zelle
- Zellen mit einer hohen Abflussakkumulation dienen zur Identifizierung von Wasserläufen/Abflussbahnen

Festlegung von Grenzwerten und Reklassifizierung des Raster

- Für die Abflussbahnenanalyse wurden kritische Mindestgrößen der zugehörigen Einzugsgebiete (Anzahl der entwässerten Zellen x Größe der Rasterzellen (5 m x 5 m)) festgelegt
- Ab dieser Größe ist von einer potenziellen Gefährdung in diesem Bereich auszugehen
- Für die Hansestadt Rostock wurde eine Mindestgröße von 5 ha gewählt, weil dann im Extremfall nennenswerte Oberflächenabflüsse (größer 0,1 m³/s) auftreten können
- Einteilung nach Einzugsgebietsgröße in 4 Klassen entsprechend Tabelle 5-1 (je größer die angeschlossene Einzugsgebietsfläche desto größer auch die dementsprechend abzuführende Wassermenge und umso größer ist die Gefährdung durch oberflächlich abfließendes Wasser)

Abbildung 5-3: Arbeitsschritte zur Ermittlung der Abflussbahnen

Senken erscheinen im digitalen Höhenmodell (DGM) als Rasterzellen, die von höher gelegenen Zellen umgeben sind, und demnach keine natürliche oberflächliche Entwässerungsrichtung aufweisen. Aufgrund der räumlichen Auflösung des DGM-Küste, ergeben sich für die Hansestadt Rostock Mindestgrößen der zu analysierenden Senken von 25 m².

Die Senken werden häufig durch die Abflussbahnen gequert oder sind im Falle von Binnenentwässerung Richtungsziel der Abflussbahnen. Daher erfolgte die Bewertung der Gefährdung durch Senken im Zusammenhang mit der Abflussbahnanalyse.

Eine Senke stellt dann eine Gefahr dar, wenn sie sich füllt (für Nutzungen in der Senke) und/oder überläuft (dann nach unterhalb, weil sie Abflussbahnen beschickt und Wasser abgibt). Sie füllt sich, wenn in einer Zeiteinheit der Zufluss größer ist als der Abfluss und läuft über, wenn das Senkenvolumen infolge dieses Prozesses erschöpft ist.

Tabelle 5-2: Klassen der Gefährdung hinsichtlich Senkenlage

Sehr hoch	Abfluss = nein Zufluss = ja
Hoch	Abfluss = beschränkt Zufluss = ja
Mittel	Abfluss = unbeschränkt Zufluss = ja
Niedrig	Zufluss = nein

Die Einstufung der Gefährdung erfolgt anhand einer Beurteilung des Zu- und Abflusses der Senken. Senken die durch Abflussbahnen durchzogen sind, also einen

Zufluss erhalten und die nicht durch technische Systeme entwässert werden, sind besonders stark gefährdet. Die geringste Gefahr besteht bei Senken, die keinen Zufluss durch oberirdische Abflussbahnen erhalten und die darüber hinaus auch entwässert werden. Die Einstufung des Gefährdungspotentials erfolgt in vier Stufen (Tab. 5-2).

5.2.4 Zur Kartendarstellung

Die Senken und Abflussbahnen sind über das ganze Stadtgebiet relativ gleichmäßig verteilt, da keine großen orographischen Unterschiede bestehen.

Insgesamt wurde ein Netz aus Abflussbahnen mit einer Gesamtlänge von rund 760 km generiert. Die oberflächlichen Abflussbahnen verlaufen im Siedlungsbereich der Hansestadt Rostock (erwartungsgemäß) vornehmlich im Bereich von Gewässerläufen und Straßenzügen. Ca. 54 % der ermittelten Abflussbahnen weisen Einzugsgebietsgrößen zwischen 5 und 25 ha auf (Abb. 5-4). Hier ist die hydrologische Gefährdung am geringsten.

Abflussbahnen mit einer sehr großen „angeschlossenen“ Fläche fallen natürlich hauptsächlich mit ebenfalls größeren Gewässerläufen (z. B. Warnow, Schmalter Bach, Peezer Bach, Radelbach und Carbak) zusammen. Eine Abweichung der derzeitigen Gewässerläufe (WBV-Kataster bzw. DLM25W) von den ermittelten Abflussbahnen gibt deshalb auch einen Hinweis auf eine ggf. erfolgte künstliche Verlegung des Gewässers. Dies ist beispielsweise bei der Carbak im Bereich der Bundesautobahn A19 der Fall.

Neben den natürlichen Gewässerbereichen, stellen aber auch einige Straßenzüge oberirdische Abflussbahnen mit einem relativ

großen Einzugsgebiet dar. Dort wird in der Regel das anfallende Wasser über künstliche Entwässerungssysteme abgeleitet, tritt dort jedoch unter Umständen bei Starkregenereignissen aus.

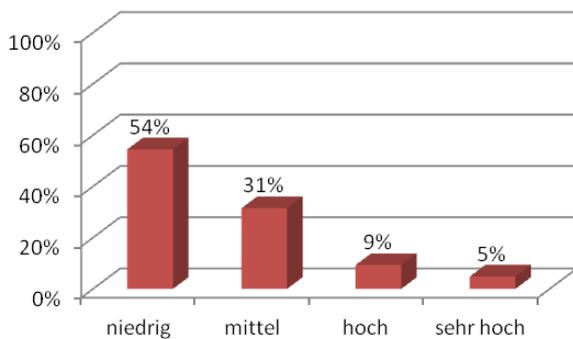


Abbildung 5-4: Längenanteile aller Abflussbahnen an den gebildeten Gefährdungsklassen (in %)

Insgesamt konnten für Rostock rund 71.000 Senken mit einer mittleren Größe von

425 m² ermittelt werden. Daraus ergibt sich eine Gesamtfläche von 3.800 ha. Bezogen auf die Größe des Stadtgebietes entspricht das einem Flächenanteil von etwa 22 %. Der Großteil davon sind sehr kleine Senken, die nur durch eine Rasterzelle (5 m x 5 m) im Höhenmodell abgebildet werden.

Besonders große Senkenlagen (> 100 ha) befinden sich im Norden Rostocks. Dazu zählen beispielsweise das Diedrichshäger Moor („Laakniederung“) und das Hüttelmoor.

Von 14 % der Anzahl der Senken (66 % des Flächenanteils) geht eine hohe bzw. sehr hohe Gefährdung aus (Abb. 5-5).

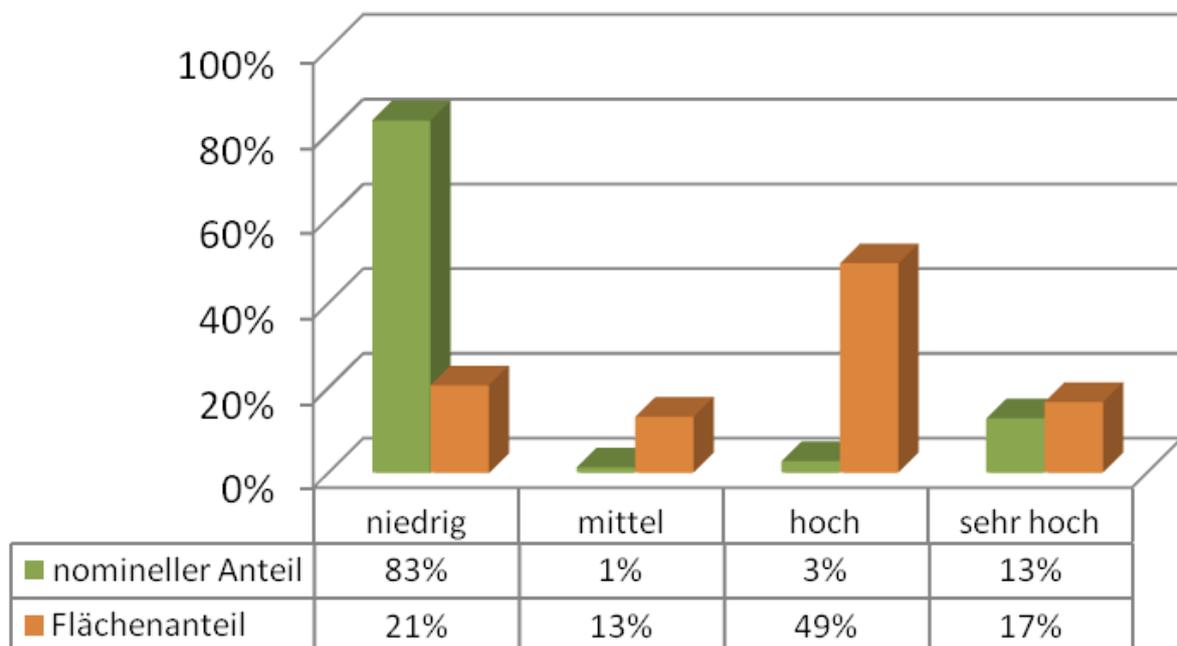
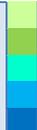


Abbildung 5-5: Gegenüberstellung der Anteile aller Senken an den gebildeten Gefährdungsklassen nach Anzahl (nomineller Anteil) und Flächeninhalt (in %)

- Karte 1  Wesentliche Entwässerungssysteme und ihre urbanen Einzugsgebiete
- Karte 2  Gefährdung durch oberirdische Abflussbahnen und Senkenlagen
- Karte 3**  **Spezifischer Gebietsabfluss der Teileinzugsgebiete bei Extremniederschlag**
- Karte 4  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen
- Karte 5  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter
- Karte 6  Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser
- Karte 7  Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee
- Karte 8  Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung

5.3 Karte 3: Spezifischer Gebietsabfluss der Teileinzugsgebiete bei Extremniederschlag

5.3.1 Zielstellung

Für eine Gefährdungsanalyse im Hinblick auf die urbanen Entwässerungssysteme ist primär die Frage entscheidend, welcher Anteil extremer Niederschlagsereignisse in welcher Zeit bzw. zeitlichen Verteilung zum Abfluss kommt. Die Höhe des jeweiligen Gebietsabflusses (Direktabfluss) hängt dabei nicht nur von der Niederschlagsintensität und –dauer, sondern entscheidend auch von hydrologisch relevanten Gebietseigenschaften ab. Für Hochwasseranalysen bilden die wichtigsten Einflussgrößen:

1. der Versiegelungsgrad
2. die Bodeneigenschaften im Hinblick auf die Versickerungsfähigkeit
3. die Landnutzungsformen im Hinblick auf Bodeneigenschaften (Versickerungsfähigkeit) und bezüglich der Gelände-
rauhigkeit
4. der Grundwasserflurabstand (Versickerungsfähigkeit)
5. das Geländegefälle
6. die Gebietsgröße
7. das Volumen (ggf. auch die Lage) von Mulden (Senkenfunktion)

Durch eine Analyse mit Hilfe eines Niederschlags-Abfluss-Modells kann mit Hilfe entsprechend parametrisierter Gebietseigenschaften eine belastbare Aussage über die Höhe des Abflusses bei unterschiedlichen Regenereignissen (Dauer und Intensität) getroffen werden. Außerdem soll der Frage nachgegangen werden, welche Regenereignisse nach Wiederkehrintervall und Regendauer für die Hansestadt Rostock besonders kritisch im Sinne einer Belastung

und ggf. Überlastung der Entwässerungssysteme sind.

Bei der Modellanwendung wurden Interzeptionsverluste und Verluste aus der Muldenwirkung des Mikroreliefs sowie der Basisabfluss (Grundwasser) wegen Geringfügigkeit vernachlässigt.

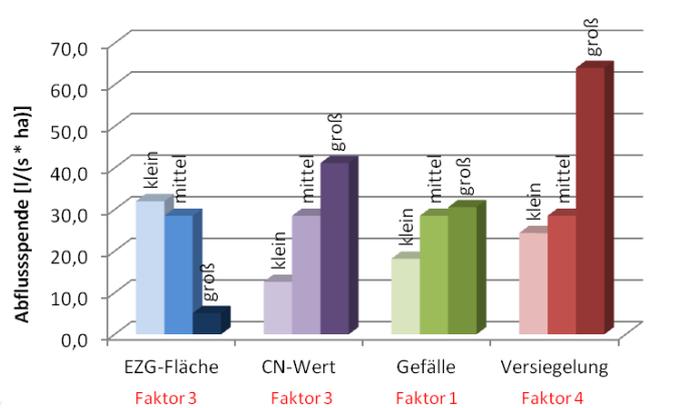
5.3.2 Datengrundlagen

- Regionalisierte Extremniederschläge nach Dauerstufen und für Wiederkehrintervalle (T) nach KOSTRA-DWD (2000) bis T = 100 a
- Versiegelungsgrad (Versiegelungskataster der Hansestadt Rostock)
- Geologische/bodenkundliche Daten (LUNG M-V 2008)
- Daten zur Landnutzung (Corine Landcover 2006)
- Digitales Geländemodell DGM-Küste (STALU MM 2011)
DGM Küste: 3D-Koordinaten aus Laser-scan-Befliegung im Ascii-Format in einer Auflösung von 5 m x 5 m (Lage- Bezugssystem: GK 42/83 3°; Höhenbezug: HN76), Höhenfehler des Datensatzes kann 0,25 m bis zu 1 m betragen.
- Teileinzugsgebiete und Entwässerungssysteme (Kap. 5.1)
- Aus dem DGM berechnete Senken (Kap. 5-2)

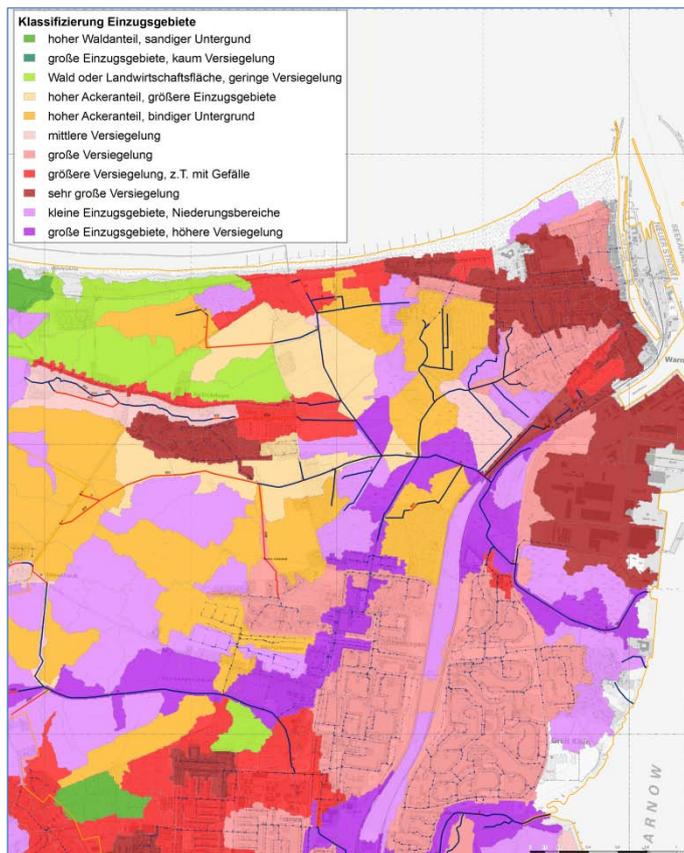
5.3.3 Methodik

Die folgenden grundlegenden Arbeitsschritte führen zur Ermittlung des Gebietsabflusses der Teileinzugsgebiete der Hansestadt Rostock:

1. Sensitivitätsanalyse zur Ermittlung des Einflusses der unterschiedlichen Gebietseigenschaften auf den Abfluss in Rostock mittels Niederschlag-Abfluss-Modell (siehe Box 5-1)



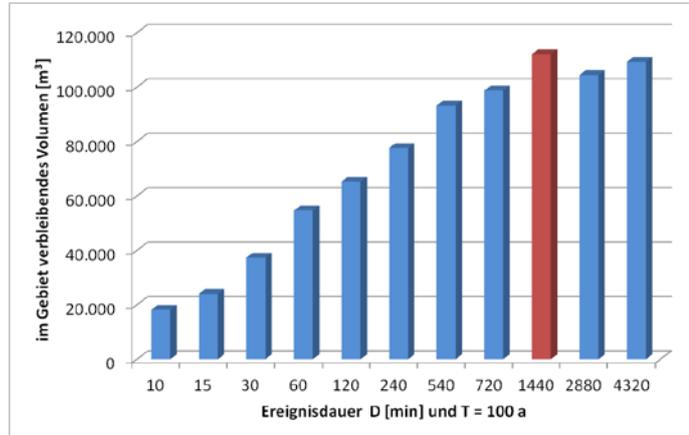
2. Klassifizierung der Einzugsgebiete mittels Clusteranalyse entsprechend ihrer abflussbestimmenden Gebietseigenschaften mit den Gewichtungsfaktoren der Sensitivitätsanalyse in 11 Gruppen



3. Festlegung eines repräsentativen Beispielgebietes mit mittleren Eigenschaften bezüglich der Abflussbildung bei Starkregen je Gruppe

4. Berechnung der Abflusspende für diese repräsentativen Gebiete und verschiedene Niederschlagsereignisse und daraus Festlegung des für eine Gesamtbetrachtung von Rostock maßgeblichen Ereignisses (Ereignisdauer $D = 24 \text{ h} = 1.440 \text{ min}$ und Wiederkehrintervall $T = 100 \text{ a}$)

Bedingung: Betrachtet wurden die im Gebiet zurückgehaltenen Wassermengen aller städtischen Beispielgebiete unter Annahme einer Rohrleitung DN1000 als Gebietsauslass



5. Berechnung der Abflusspenden für das kritische Regenereignis und Übertragung auf alle Teileinzugsgebiete derselben Gruppe

Gruppe	Eigenschaften	Mq T=5 D = 24 h	Mq T=20 D = 24 h	Mq T=100 D = 24 h
		[l/(s*ha)]		
1	hoher Waldanteil, sandiger Untergrund	1,82	2,69	3,87
2	große Einzugsgebiete, kaum Versiegelung	2,06	3,04	4,33
4	Wald oder Landwirtschaftsfläche, geringe Versiegelung	2,38	3,44	4,83
7	hoher Ackeranteil, größere Einzugsgebiete	2,94	4,18	5,77
5	hoher Ackeranteil, bindiger Untergrund	3,03	4,30	5,92
9	mittlere Versiegelung	3,57	4,89	6,55
8	große Versiegelung	4,51	5,96	7,74
3	größere Versiegelung, z.T. mit Gefälle	3,54	4,76	6,30
11	sehr große Versiegelung	4,78	6,21	7,96
6	kleine Einzugsgebiete, Niederungsbereiche	3,10	4,38	6,02
10	große Einzugsgebiete, höhere Versiegelung	3,01	4,24	5,81

6. Berechnung der Abflussvolumen je Teileinzugsgebiet unter Berücksichtigung der im Gebiet verbleibenden Anteile in abflusslosen Senken und Mulden

Box 5-1: Deterministisches Niederschlag-Abfluss-Modell (N-A-Modell)

Ein deterministisches N-A-Modell bildet ein physikalisch begründetes Rechenmodell zur Berechnung des Abflusses aus Niederschlag unter Berücksichtigung der Gebietseigenschaften. Es besteht aus Teilmodellen zur Abflussbildung und Abflusskonzentration. Diese Modelle dienen vorrangig der Hochwasserberechnung aus einzelnen Niederschlagsereignissen für Gebiete ohne ausreichende hydrologische Beobachtungsdaten.

Die Berechnungen wurden mit Hilfe des N-A-Modells HEC-HMS Version 3.4 des U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, durchgeführt.

a) Abflussbildung

- Klassifizierung von Niederschlagsintensitäten
- Klassifizierung der Böden nach CN-Werten (SCS-Verfahren) als Abflussbil-

Abflussbildungsmaßstab

Eine in der Praxis häufig angewandte Methode der Ermittlung der Verluste durch Infiltration und der Abschätzung des oberirdischen Abflusses für kleine Einzugsgebiete wurde vom US-SCS (United States Soil Conservation Services) entwickelt. Die Flächen im Einzugsgebiet werden hinsichtlich des Bodentyps und der Landnutzung klassifiziert. Das SCS-Verfahren wird aufgrund seiner gut nachvollziehbaren Parametrisierung (auf Basis der Landnutzungs- und Bodenklassen) zur Berechnung des Direktabflusses verwendet.

Der zentrale Parameter für dieses Verfahren ist die sogenannte Curve-Number (CN), welche für jedes Einzugsgebiet als Mittelwert in Abhängigkeit von Bodenart und Nutzung bestimmt wird. Je größer der CN-Wert, desto größer ist der Anteil der abflusswirksamen Fläche und desto kleiner ist die Infiltration in den Bodenspeicher.

- Klassifizierung der versiegelten Flächen nach Versiegelungsgrad und Boden als Abflussbildungsmaßstab

b) Abflusskonzentration

- Analyse/Klassifizierung von Oberflächenrauigkeiten
- Analyse der Geländegefälle
- Analyse der Länge der maßgeblichen Abflussbahnen

5.3.4 Zur Kartendarstellung

In der Karte werden die Teileinzugsgebiete entsprechend ihrer Abflussspende (Direktabfluss) mit der Einheit $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{ha})$ in der Farbskala von hellgrün zu dunkelblau halbtransparent dargestellt.

Die innerstädtischen und stark bebauten Teileinzugsgebiete (TEZG) weisen in der Regel einen weitaus höheren Direktabfluss als die land- oder forstwirtschaftlich geprägten TEZG auf. Mit deutlich geringeren Spenden stehen aber auch Parks und große Gartenanlagen heraus.

In den feuchten Niederungsgebieten wird hingegen aufgrund der hohen Grundwasserstände und damit geringeren Infiltrationsmöglichkeiten sowie der vorhandenen Entwässerungssysteme, die für eine schnelle Abflusskonzentration sorgen, eine relativ hohe Abflussspende bei Extremniederschlägen erreicht.

In Hafen- und Industriegebieten fällt der Direktabfluss in der Regel geringer aus, da hier bereits bei der Erschließung die Wirkung versiegelter Flächen weitestgehend durch Versickerungssysteme ausgeglichen wird.

Durch die Berücksichtigung der Rückhalteleistung von Senken bzw. Mulden (Kap. 5.2) kann es im Einzelfall zu sehr geringen (oder auch keinen) Abflüssen auch bei Extremniederschlagsereignissen kommen.

- Karte 1  Wesentliche Entwässerungssysteme und ihre urbanen Einzugsgebiete
- Karte 2  Gefährdung durch oberirdische Abflussbahnen und Senkenlagen
- Karte 3  Spezifischer Gebietsabfluss der Teileinzugsgebiete bei Extremniederschlag
- Karte 4**  **Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen**
- Karte 5  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter
- Karte 6  Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser
- Karte 7  Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee
- Karte 8  Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung

5.4 Karte 4: Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen

5.4.1 Zielstellung

Ziel dieser Fachkarte ist die Abschätzung der Gefährdung durch eine begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen. Zentrale Fragen dabei sind,

- ob und ab welcher Abflussmenge die Schöpfwerksanlagen anfallendes Wasser nicht mehr adäquat durch Pumpen abführen können,
- wie sich dieses Abführungsvermögen bei kritischen Außenwasserständen darstellt,
- ob es ggf. alternative Abflusswege gibt (Fluttore oder andere Freiflutmöglichkeiten) und
- wie sich das Speichervolumen des Mahlbusens oder geeigneter Überschwemmungsflächen darstellt.
- Zudem sollen Bereiche innerhalb der Schöpfwerksflächen ausgewiesen werden,

den, die bei einem Versagen besonders gefährdet sind.

5.4.2 Datengrundlagen

- Technische Unterlagen zu den Schöpfwerken (WBV UNTERE WARNOW-KÜSTE 2013)
- Ortsbesichtigung/Bestandsaufnahme am 03.09.2013
- Angaben der Pumpenhersteller
- Digitales Geländemodell DGM-Küste (STALU MM 2011)

DGM Küste: 3D-Koordinaten aus Laser-scan-Befliegung im Ascii-Format in einer Auflösung von 5 m x 5 m (Lage- Bezugssystem: GK 42/83 3°; Höhenbezug: HN76), Höhenfehler des Datensatzes kann 0,25 m bis zu 1 m betragen.

Die wesentlichen Kenndaten der Schöpfwerke sind in Tabelle 5-3 dargestellt. Detaillierte Ausführungen zu den einzelnen Bauwerken befinden sich im Anhang.

Tabelle 5-3: Kenndaten der durch den Wasser- und Bodenverband Untere Warnow-Küste unterhaltenen Schöpfwerke im Bereich der Hansestadt Rostock

Schöpfwerk	Einschaltpeil (EP) / Ausschaltpeil (AP) [m HN]	Max. Leistungsfähigkeit [m ³ /h] pro Pumpe / Gesamt	Speicherraum [m ²]
Laak	Pegel 1: -1,10 / -1,40 Pegel 2: -1,00 / -1,40	1.500 / 3.000	Mahlbusen 3.900
Schmarler Bach	Pegel 1: -1,45 / -1,65 Pegel 2: -1,30 / -1,50 Pegel 3: -1,15 / -1,35 Pegel 4: -1,00 / -1,20	3.150 / 12.600 (bei h _{man} = 2,70 m) 2.800 / 11.200 (bei h _{man} = 3,85 m)	Mahlbusen 9.000
Klostergraben	Pegel 1: -1,45 / -1,65	2.840 / 5.680	Mahlbusen 11.700
Otternsteig (Carbäk)	k. A.	72 und 144 / 216	Mahlbusen 850
Hechtgraben	Pegel 1: -1,04 / -1,29 Pegel 2: - 0,94 / -1,29	700 / 1.400	Fleetgraben 1.500

Schöpfwerk	Einschaltpfeil (EP) / Ausschaltpeil (AP) [m HN]	Max. Leistungsfähigkeit [m ³ /h] pro Pumpe / Gesamt	Speicherraum [m ²]
Peez (derzeit nicht in Betrieb)	k. A.	250	Mahlbusen
Stuthof	k. A.	100 und 350 / 450	Fleetgraben 600
Schwanenteich	Pegel 1: 0,75 m ü. Schachtsohle Pegel 2: 0,50 m ü. Schachtsohle	90 / 180	Schwanenteich
Stromgraben	Pegel 1: -0,30 / -0,60 Pegel 2 : -0,25 / -0,55	5.000 Vergrößerung der Pumpenleistung geplant; nach derzeitigem Kenntnisstand soll eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit auf 12.600 m ³ /h (= 3,5 m ³ /s) erfolgen	Mahlbusen 8.800

Box 5-2: Zum Zustand der untersuchten Schöpfwerke (Details siehe Anhang)

Mit der Erschließung der nordöstlichen Wohn- und Industriegebiete sind zur Sicherstellung der Vorflut für die Regenentwässerungsanlagen Schöpfwerke erforderlich und als sogenannte „Flussschöpfwerke“ angelegt worden.

Die Schöpfwerke im östlichen Bereich von Rostock dienen der landwirtschaftlichen Nutzung der Niederungen; hier sind sowohl Polder- als auch Flussschöpfwerke erbaut worden.

Eine Besonderheit stellt das Schöpfwerk am Schwanenteich dar. Hier wurde im Zuge der städtebaulichen Entwicklung die notwendige Vorflut im Freigefälle nicht mehr gegeben und somit der Dauerbetrieb eines Schöpfwerkes erforderlich.

Baulicher Zustand

Die Schöpfwerke sind im Wesentlichen älter als 40 Jahre. Dementsprechend ist die geplante Nutzungszeit erreicht bzw. überschritten. Dies spiegelt sich auch im baulichen und anlagentechnischen Zustand der Anlagen wider. Es besteht Sanierungs- und Modernisierungsbedarf.

Betrieb/Monitoring

Die Dokumentation des Betriebsablaufes erfolgt in „Schöpfwerksbüchern“. Hier werden in der Regel jedoch nur der (Kontroll-)Zeitpunkt, der Binnenpegel, der Stromverbrauch (mit Hilfe der Betriebsstundenaufzeichnung) und ggf. auftretende Besonderheiten vermerkt. Moderne Aufzeichnungs- und Datenübertragungssysteme (Datenlogger, Fernabfrage, Funkdatenübertragung etc.) sowie Fernwirkanlagen (Fernsteuerung) nach aktuellem Stand der Technik sind nicht installiert.

5.4.3 Methodik

1. Recherche aller relevanten Schöpfwerksdaten durch WASTRA-Plan entsprechend der folgenden Schwerpunkte:
 - Schöpfwerkseinzugsgebiete
 - Auswertung genauerer Bestandsaufnahmen
 - Bewertung der technischen Angaben zu den Schöpfwerken
 - Volumenermittlung Mahlbusen/Überschwemmungsgebiete
 - Informationsbewertung zu bekannten "Schwachstellen" (Aufarbeitung Kenntnisstand)
2. Berücksichtigung der ermittelten Pumpenleistung und Rückhaltevolumen zur Beurteilung der Gefährdung durch eine begrenzte Leistungsfähigkeit der Entwässerungssysteme (Kap. 5.5)
3. Ermittlung der besonders gefährdeten Bereiche innerhalb der Schöpfwerksflächen durch Analyse des DGM Küste und 4-stufige Klassifizierung (Tab. 5-4)

Tabelle 5-4: Gefährdungsklassen innerhalb der Schöpfwerksflächen in Abhängigkeit von der Geländehöhe

	Sehr hoch GOK < 0 m NHN
	Hoch 0 m NHN < GOK < 1 m NHN
	Mittel 1 m NHN < GOK < 2 m NHN
	Niedrig GOK > 2 m NHN

5.4.4 Zur Kartendarstellung

In der Karte werden nur die für die Gesamtbetrachtung wesentlichen Schöpfwerke im Zuständigkeitsbereich des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow-Küste aufgeführt. Pumpwerke anderer (privater) Betreiber bleiben unberücksichtigt.

Im Bereich der Hansestadt Rostock werden insgesamt 9.320 ha durch die großen Schöpfwerksanlagen entwässert. In die Gefährdungsklassen werden die Flächen wie folgt eingestuft:

- Sehr hoch: 120 ha = 1,3 %
- Hoch: 293 ha = 3,1 %
- Mittel: 649 ha = 7,0 %
- Niedrig: 8.258 ha = 88,6 %

Besonders tief liegende, geschöpfte Flächen sind im Bereich Diedrichshäger Moor (Laak) und am Hechtgraben zu finden.

Eine besonders große Fläche entwässert das Schöpfwerk Schmarler Bach. Da hier im Notfall, d.h. bei nicht allzu hohen Ostseewasserständen ein Teil des Wassers auch über den Freiauslass abgegeben werden kann und die umgebenden Geländehöhen verhältnismäßig hoch sind, wird der Großteil der Schöpfwerksfläche mit niedriger Gefährdung klassifiziert.

Der an der nordöstlichen Stadtgrenze verlaufende Stromgraben wird ebenfalls geschöpft. Das zugehörige Schöpfwerk liegt im Gemeindegebiet Graal-Müritz. Derzeit ist ein Schöpfwerksneubau in Planung.

- Karte 1  Wesentliche Entwässerungssysteme und ihre urbanen Einzugsgebiete
- Karte 2  Gefährdung durch oberirdische Abflussbahnen und Senkenlagen
- Karte 3  Spezifischer Gebietsabfluss der Teileinzugsgebiete bei Extremniederschlag
- Karte 4  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen
- Karte 5**  **Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter**
- Karte 6  Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser
- Karte 7  Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee
- Karte 8  Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung

5.5 Karte 5: Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter

5.5.1 Zielstellung

Zielstellung ist eine abschätzende Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Vorfluter bzw. der Bauwerke in den Vorflutern sowie der größeren Regenentwässerungssysteme. Von den Vorflutern geht generell eine Überflutungsgefahr aus; zudem wirken die Vorfluter ggf. auf Grund hoher Wasserstände hydraulisch begrenzend für einmündende technische Entwässerungssysteme, so dass sich gefährdende Wirkungen ggf. im System nach oberhalb fortsetzen können.

Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Vorfluter wird bestimmt durch

- den Gewässerzustand im Hinblick auf maßgebliche hydraulische Größen (Geometrien, Gefälle, Rauigkeiten),
- die integrierten Bauwerke (Geometrien, Höhenlagen, Bauzustand, Rauigkeiten),
- den Unterhaltungszustand (Profil- und Rauigkeitsveränderungen) sowie
- ggf. den Unterwasserstand (Rückstau).

Hydraulische Analysen (hydrodynamische Berechnungen nach Stand der Technik) würden eine genaue Bestandsaufnahme des Ausbau- und Unterhaltungszustandes voraussetzen und je nach Falllage instationäre (mit Wellenabflachung und -überlagerung) sowie ggf. 2-dimensionale (bei hoher Bedeutung von Ausuferungen/Vorlandabfluss bzw. Retention) Ansätze erfordern. Der Aufwand ist fachlich und rechentechnisch enorm hoch und erfordert eine detaillierte Vorgehensweise, so dass solche Berechnungen erst bei entsprechender Risikolage auf den detaillierteren Ebenen 2 und 3 des ganzheitlichen Ansatzes erfolgen sollen (vgl. Kap. 1). Im Übrigen liegen für wichtige Gewässer derartige Analysen auch bereits

vor (z.B. für den Schmarler Bach, vgl. BIOTA 2012b)

Insofern wird hier einer **einfachen, aber ganzheitlichen Betrachtung** der Vorzug gegeben.

5.5.2 Datengrundlagen

- Digitales Kataster des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow/Küste (WBV UNTERE WARNOW-KÜSTE 2013)
- Technische Unterlagen zu den Vorflutern und Bauwerken/Bauwerkskataster (WBV UNTERE WARNOW-KÜSTE 2013)
- Digitales Kataster des Regenentwässerungssystems des Warnow-Wasser-Abwasserverbandes/EURAWASSER Nord GmbH (EURAWASSER 2013)
- Vorliegende (neuere) hydraulische Berechnungen von Vorflutern und Bauwerken
- Vorliegende (neuere) Vermessungen von Vorflutern und Bauwerken
- Digitales Geländemodell DGM-Küste (STALU MM 2011)
DGM Küste: 3D-Koordinaten aus Laser-scan-Befliegung im Ascii-Format in einer Auflösung von 5 m x 5 m (Lage- Bezugssystem: GK 42/83 3°; Höhenbezug: HN76), Höhenfehler des Datensatzes kann 0,25 m bis zu 1 m betragen.
- Technische Unterlagen zu den Schöpfwerken (WBV UNTERE WARNOW-KÜSTE 2013)
- Teileinzugsgebiete und Entwässerungssysteme (Kap. 5-1)
- Senkenlagen (Kap. 5-2)
- Gebietsabflüsse (Kap. 5-3)

5.5.3 Methodik

In der vereinfachten Betrachtung wird die hydraulisch maßgebliche (begrenzende) Leistung des Gebietsauslasses für jedes der ca. 2.500 Einzugsgebiete geprüft. Dabei werden folgende Konventionen getroffen:

- Offene Vorfluter werden als nicht abflussbegrenzend angesehen; der Fokus wird auf „abflussbegrenzende“ Bauwerke gelegt
- Bauwerke in diesem Sinne sind Durchlässe und Rohrleitungen sowie ggf. Brückenbauwerke, die geringere Geometrien als die offenen Vorfluter ausweisen (dies wurde einzeln abgeschätzt, alle Brückenbauwerke wurden hiernach als nicht abflussbegrenzend angesetzt), der Unterhaltungszustand der Bauwerke wird nicht berücksichtigt

Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Rohrleitungen und Durchlässe kann über die Fließformel von PRANDTL & COLEBROOK (vgl. z.B. PREIßLER & BOLLRICH 1985) bestimmt werden. Vereinfachend wird hierbei ein konstantes hydraulisches Gefälle von 1/DN (DN = Leitungsdurchmesser in mm) angesetzt.

Kann die Leitung das zuströmende Wasser aus dem Eigeneinzugsgebiet und dem oberhalb liegenden Entwässerungssystem nicht vollständig aufnehmen, so führt der verbleibende Volumenanteil zum Füllen einer Senke und/oder zu einem oberflächlichen Abfluss.

In Bereichen, in denen sehr komplexe hydrodynamische Verhältnisse zu erwarten sind (z.B. aufgrund verzweigter oder paralleler Entwässerungssysteme), wurden die Ergebnisse der vereinfachten Betrachtung durch die Fachexperten des WBV Untere Warnow-Küste bzw. des WWAV und der EURAWASSER Nord GmbH verifiziert.

Das Prinzip dieser Abflussfüllen bezogenen hydraulischen Betrachtung wird in Abbildung 5-6 dargestellt und in Box 5-3 veranschaulicht. Im Ergebnis erhält man Kenntnis, ob eine Senke gefüllt wird oder sogar überläuft und ob eine oberirdische Abflussbahn aufgrund von Überlastung des Entwässerungssystems aktiviert wird. – dann ist eine „hydraulische Engstelle“ vorhanden (Tab. 5-5).

Tabelle 5-5: Gefährdungsklassen von Abflussbahnen aufgrund hydraulischer Engstellen im Entwässerungssystem

	keine hydraulische Engstelle vorhanden
	hydraulische Engstelle vorhanden

Tabelle 5-6: Gefährdungsklassen von Senkenlage durch Überflutungen aufgrund hydraulischer Engstellen im Entwässerungssystem

Sehr hoch	Füllstand = 100 %
Hoch	Füllstand = 51 - 99 %
Mittel	Füllstand = 1 - 50 %
Niedrig	Füllstand = 0 %

Die Gefährdung einer Senkenlage wiederum richtet sich dabei nach dem Füllstand. Eine geringe Gefährdung liegt dann vor, wenn die maßgebliche Leitung das anfallende Wasser prinzipiell vollständig abführen kann. Eine mittlere bzw. hohe Gefährdung liegt bei Teilfüllung der Senken vor. Bei einer Vollfüllung, ggf. verbunden mit einem Überlaufen wird die Gefährdung als sehr hoch eingestuft (Tab. 5-6).

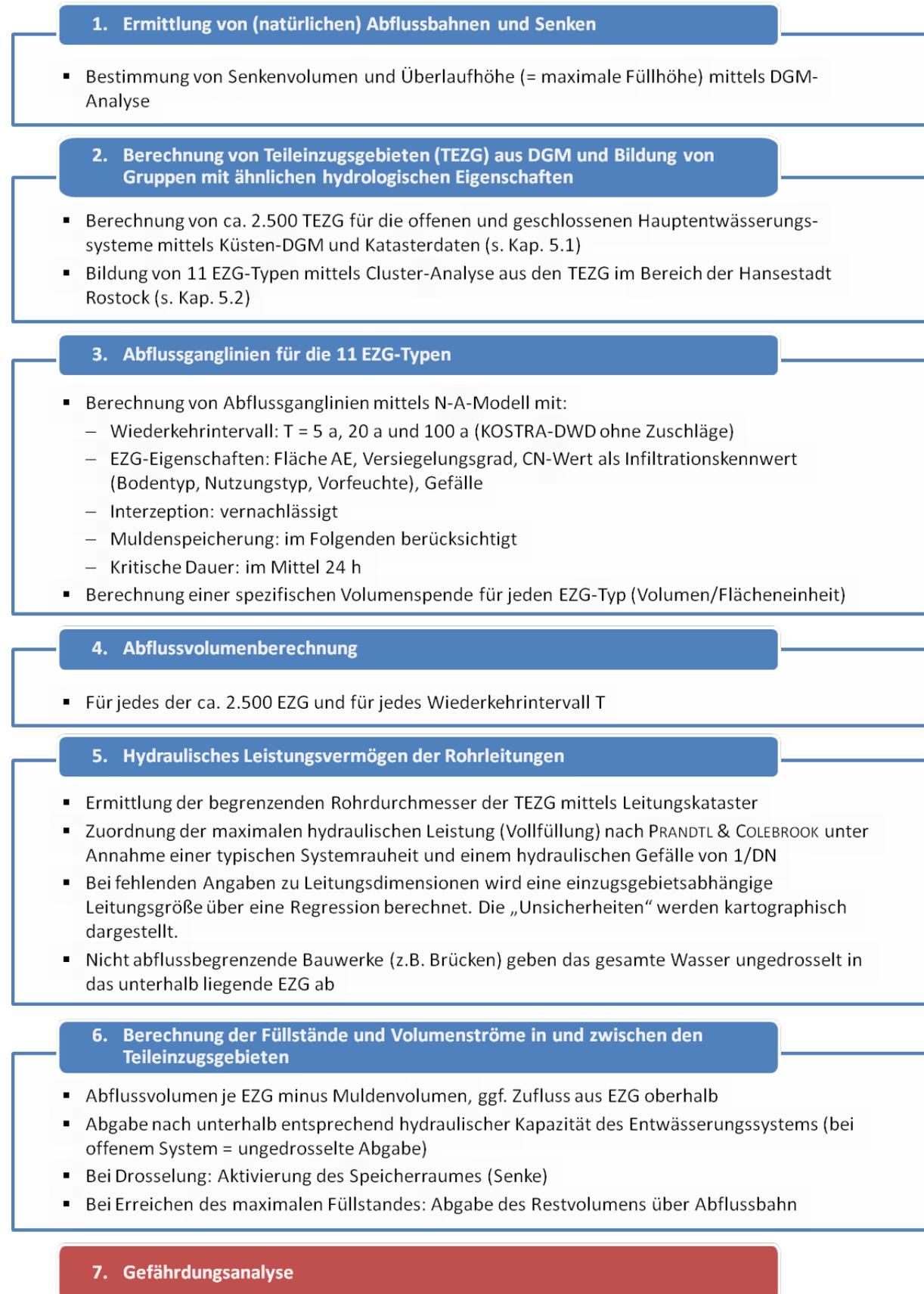


Abbildung 5-6: Ablauf der Bearbeitung mit grundlegenden methodischen Erläuterungen

Box 5-3: Vereinfachter und ganzheitlicher Ansatz zur Abschätzung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Entwässerungssystems

Bilanzierung

Gleichung: $AE + SV + oA = eG + oZ + ZoE$, mit:

AE = Abfluss Entwässerungssystem (über Rohrleitung)

SV = zeitgleiche Änderung des Speichervolumens

oA = oberirdischer Abfluss (über Abflussbahn)

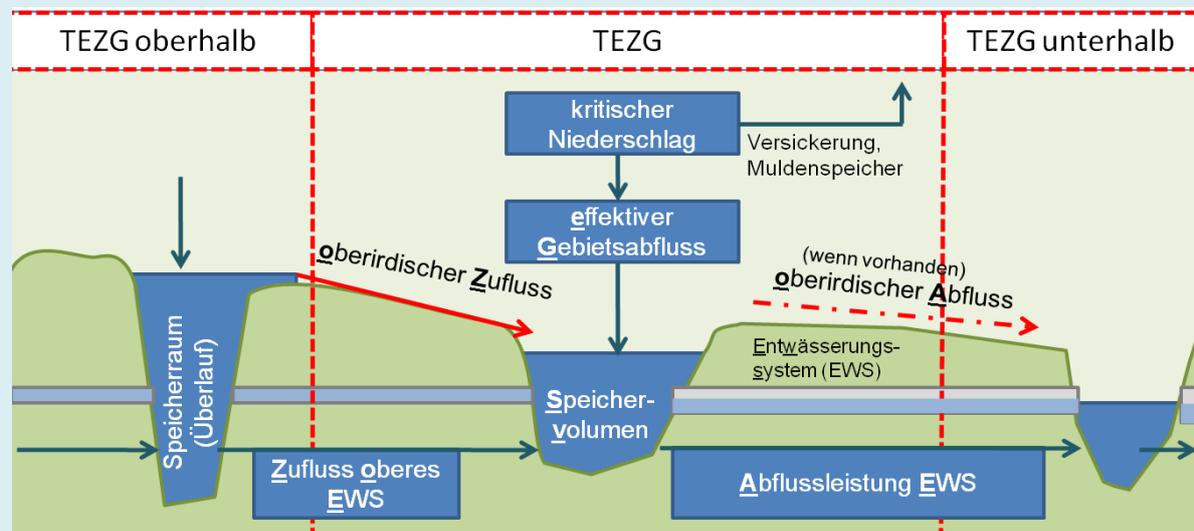
eG = effektiver Gebietsabfluss (des TEZG)

oZ = oberirdischer Zufluss (über Abflussbahn)

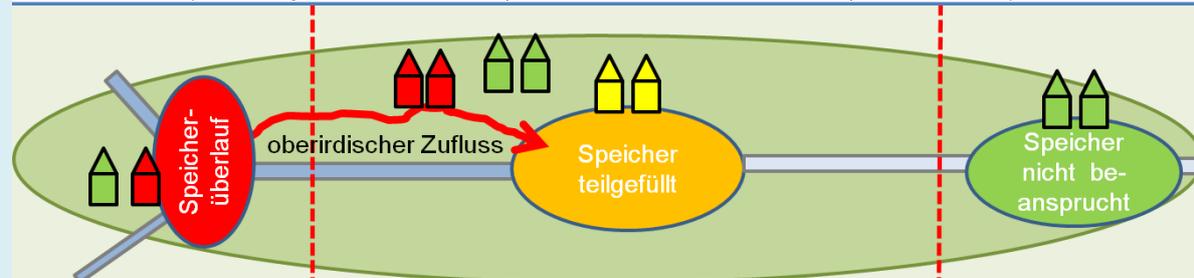
ZoE = Zufluss oberes Entwässerungssystem (über Rohrleitung)

Vereinfachungen

- ausschließlich Betrachtung im Einzugsgebietsmaßstab
- Abgabe in nur ein unterliegendes Einzugsgebiet (keine Verzweigungen und Ringsysteme)
- näherungsweise Ansatz der maximalen Leitungskapazitäten
- keine Berücksichtigung von Druckabflüssen in den Leitungssystemen
- keine Berücksichtigung des Bau- und Unterhaltungszustandes der Entwässerungssysteme
- keine Betrachtung von Basisabflüssen über das Grundwasser
- näherungsweise Ermittlung der Speichervolumen



Risikobewertung an Senkenlagen und Abflussbahnen
(durch Vergleich: vorhandenes Speichervolumen und berechnetes Speichervolumen)



Schematische Darstellung zur Berechnung der Füllstände in und der Volumenströme zwischen den Teileinzugsgebieten

5.5.4 Zur Kartendarstellung

Die Karte widerspiegelt die Bewertung der Senken und Entwässerungssysteme nach einem Extremregenereignis mit einem Wiederkehrintervall $T = 100$ a und einer Regendauer von 24 h, also einem sehr volumenintensiven Ereignis.

Dargestellt sind in der Karte die Senken und die sich ggf. (durch Senkenüberlauf) ausbildenden oberirdischen Abflussbahnen.

Ist die hydraulische Leistungsfähigkeit des jeweiligen Gebietsauslasses bei dem betrachteten Extremregenereignis ausreichend, so besteht nur eine geringe Gefährdung durch Überflutung. Dies ist für 66% (35% nach Flächenanteil) der analysierten Senken mit Verbindung zum Entwässerungssystem der Fall. Vor allem die ausgedehnten Senkenlagen in Moorbereichen und Niederungen werden aufgrund ihres großen Rückhalteranges im Extremfall nur gering gefüllt und folglich mit einer geringen oder mittleren Gefährdung klassifiziert.

Von 21% (4% des Flächenanteils) der Senken mit Verbindung zu Entwässerungssystemen geht eine sehr hohe Gefährdung aus, also eine vollständige Füllung, ggf. verbunden mit einem Überlaufen (Abb. 5-7). Räumliche Schwerpunkte liegen am Kringelgraben, in Kassebohm, in Diedrichshagen, am Dragungsgraben, am Schmarler Bach, am Stromgraben, am Peezer Bach, in Hinrichshagen sowie in Nienhagen.

Bei etwa 10% der oberirdischen Abflussbahnen wird eine Gefährdung durch wild abfließendes Wasser infolge einer Engstelle im Entwässerungssystem festgestellt. Diese befinden sich hauptsächlich im Bereich unbebauter Senkenlagen, aber auch entlang größerer Entwässerungsachsen (Kringelgraben, Entwässerung Kassebohm, Zufluss Schwanenteich, Zuflüsse des Diedrichshäger Moores, Dragungsgraben, Entwässerung Nienhagen).

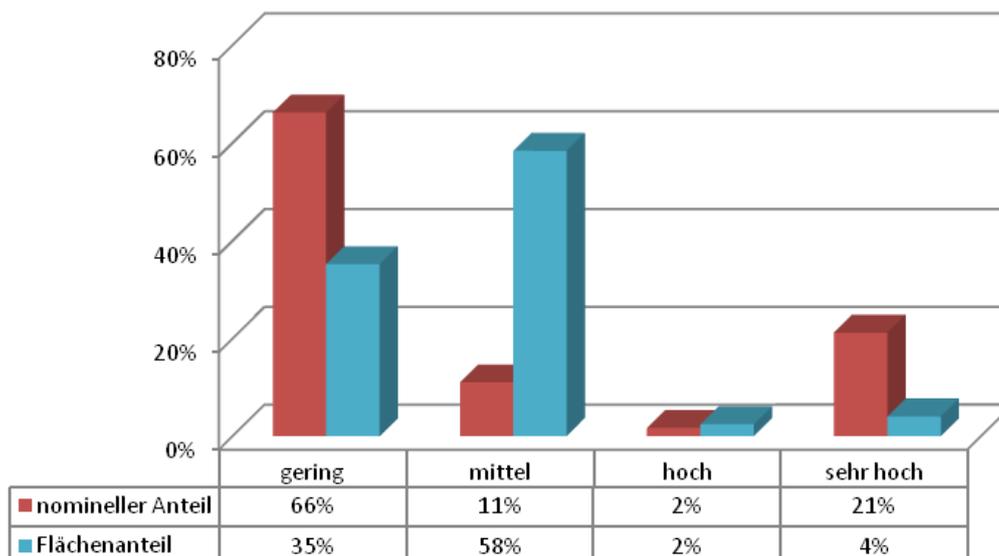


Abbildung 5-7: Gegenüberstellung der Anteile aller Senken an den gebildeten Gefährdungsklassen nach Anzahl (nomineller Anteil) und Flächeninhalt (in %)

- Karte 1  Wesentliche Entwässerungssysteme und ihre urbanen Einzugsgebiete
- Karte 2  Gefährdung durch oberirdische Abflussbahnen und Senkenlagen
- Karte 3  Spezifischer Gebietsabfluss der Teileinzugsgebiete bei Extremniederschlag
- Karte 4  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen
- Karte 5  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter
- Karte 6**  **Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser**
- Karte 7  Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee
- Karte 8  Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung

5.6 Karte 6: Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser

5.6.1 Zielstellung

Zielstellung bei der Erarbeitung dieser Karte ist die Bewertung der Gefährdung durch dauerhaft oder zeitweilig hoch anstehendes Grundwasser, und dies auch weiter entfernt von den vorhandenen Entwässerungssystemen. Hoch anstehendes Grundwasser führt vor allem dann zu Problemen, wenn dadurch Bausubstanz (z. B. Keller, Tiefgaragen) vernässt wird oder Entwässerungseinrichtungen (Dränsysteme) eingestaut werden.

Indizien für eine Gefährdung durch Grundwasser (GW) können aus folgenden Fachinformationen gewonnen werden:

- Grundwasserflurabstandsdaten (GW-Isohypsen) können auf Bereiche mit generell hoch anstehendem mittleren GW hinweisen.
- Bodenkundliche bzw. hydrogeologische Informationen können Bereiche mit rezenten oder historisch hoch anstehenden Grundwasserständen anzeigen.
- Dränflächenkarten weisen auf eine Gefährdung durch aktuelle oder überbaute Bodenentwässerungseinrichtungen hin (defekte oder angeschnittene Dränsammler können zu lokalen Wasseraustritten und Überflutungen führen).
- Lageinformationen zu historischen Gewässern zeigen präferentielle Grundwasserabstrombahnen entlang ursprünglicher Gewässerläufe auf.

5.6.2 Datengrundlagen

- GW-Isohypsen nach HYDOR (2010); da die GW-Isohypsen nur für ungespannte Verhältnisse vorliegen, erlaubt der Da-

tersatz spätere Analysen zu Grundwasserflurabständen

- Digitales Geländemodell DGM-Küste (STALU MM 2011)
DGM Küste: 3D-Koordinaten aus Laser-scan-Befliegung im Ascii-Format in einer Auflösung von 5 m x 5 m (Lage- Bezugssystem: GK 42/83 3°; Höhenbezug: HN76), Höhenfehler des Datensatzes kann 0,25 m bis zu 1 m betragen.
- Karte der geologischen Oberflächenbildungen (Maßstab 1:100.000): Petrographie/Substratverhältnisse, Genese (OK 100)
- Forstliche Naturraumkarte (Maßstab 1:25.000): Substratverhältnisse, Hydro-morphiemerkmale
- Recherchierte Dränprojekte aus dem Archiv des Wasser- und Bodenverbandes Untere Warnow/Küste (WBV UNTERE WARNOW-KÜSTE 2013)
- Gewässerläufe auf Grundlage der historischen Flurkarte Rostock von 1902

5.6.3 Methodik

Als wichtigste Bewertungsgröße wird der mittlere Grundwasserflurabstand herangezogen. Zur Bestimmung wurden zunächst mit Hilfe eines GIS die vorliegenden Daten zu den Grundwasserständen (Grundwasserisohypsen = GW-Gleichen = Linien gleicher absoluter Höhe der GW-Druckfläche, bei ungespanntem GW = Lage der Grundwasser-oberfläche) mit dem digitalen Geländemodell (DGM Küste) wie folgt verschnitten.

1. Erzeugen eines Triangulated Irregular Network (TIN) aus den Grundwasserisohypsen.
2. Umwandlung des erzeugten TIN in ein Raster mit einer Auflösung von 5 m x 5 m.

3. Verschneidung des Rasters der Grundwasserstände mit dem Raster der Geländehöhen (DGM Küste). Dabei wird die Differenz zwischen Geländehöhe und Grundwasserstand berechnet. Im Ergebnis erhält man für jede Rasterzelle den mittleren Grundwasserflurabstand (GWFA).

Zur Bewertung der Gefährdung erfolgte eine Klassifizierung der ermittelten GWFA in drei GWFA-Gruppen (Tab. 5-7). Eine hohe Gefährdung ist bei GWFA von weniger als 0,5 m gegeben. In diesem Bereich sind ein Einstau ggf. vorhandener technischer Einrichtungen sowie negative Folgen für Bauwerke (Auftrieb, Vernässungen) sehr wahrscheinlich.

Tabelle 5-7: Gefährdungsklassen hinsichtlich hoch anstehendem Grundwasser (GWFA = mittlerer Grundwasserflurabstand)

	Hoch GWFA = 0 – 0,5 m
	Mittel GWFA = 0,5 - 1 m
	Niedrig GWFA = 1 - 2 m oder Auftreten grundwasserbestimmter Böden

Einen weiteren, wenn auch „unsicheren“ Hinweis auf relativ hoch anstehendes Grundwasser liefert die Verbreitung von auen- und niederungstypischen Sedimenten und Böden. Diese kennzeichnen mit Ihrer Verbreitung aktuelle und/oder historische Bildungsprozesse im Zusammenhang mit hydrodynamischen (tlw. aerodynamischen) Erosions- und Sedimentationsvorgängen, permanenten, periodischen bis episodischen Überschwemmungen und/oder hohen Grundwasserständen. Es erfolgte eine diesbezügliche Auswertung der hydrogeolo-

gischen und bodenkundlichen Kartenwerke. Eine Überlagerung aller auen- und niederungstypischen Sedimenten und Böden der unterschiedlichen Karten ergibt dabei für den Raum Rostock gegenüber der reinen Betrachtung der Grundwasserisohypsen noch zusätzliche Areale mit potentiell hohen Grundwasserständen (Abb. 5-8).

Die damit relevanten moorigen und anmoorigen Bildungen als Hinweis auf dauerhaft hoch anstehendes Grundwasser, sind im Rahmen der Klassifizierung aber nur als Bereiche mit einer niedrigen Gefährdung eingestuft worden, weil vermutlich mehrheitlich eher Detaillierungs-/Generalisierungs- und damit Maßstabsfragen der geowissenschaftlichen Karten die areale Kennzeichnung bedingen (vielfach Kuppen- und Randlagen). Als weitere Gefährdungsaspekte werden unabhängig von der bisherigen Einstufung aktuelle oder ehemalige Dränflächen sowie historische Gewässerläufe zusätzlich überlagernd in der Karte abgebildet (Tab. 5-8).

Tabelle 5-8: Weitere Grundwassergefährdungsfaktoren

	Aktuelle oder ehemalige Dränflächen
	Historischer Gewässerlauf

5.6.4 Zur Kartendarstellung

Für etwa 42 % des Stadtgebietes konnte eine Gefährdung (niedrig bis hoch) hinsichtlich hoch anstehenden Grundwassers ermittelt werden. Besonders großräumige Gefährdungsbereiche stellen dabei die Moor- und Niederungsflächen im Norden der Stadt sowie der Niederungsbereiche entlang der Unterwarnow dar.

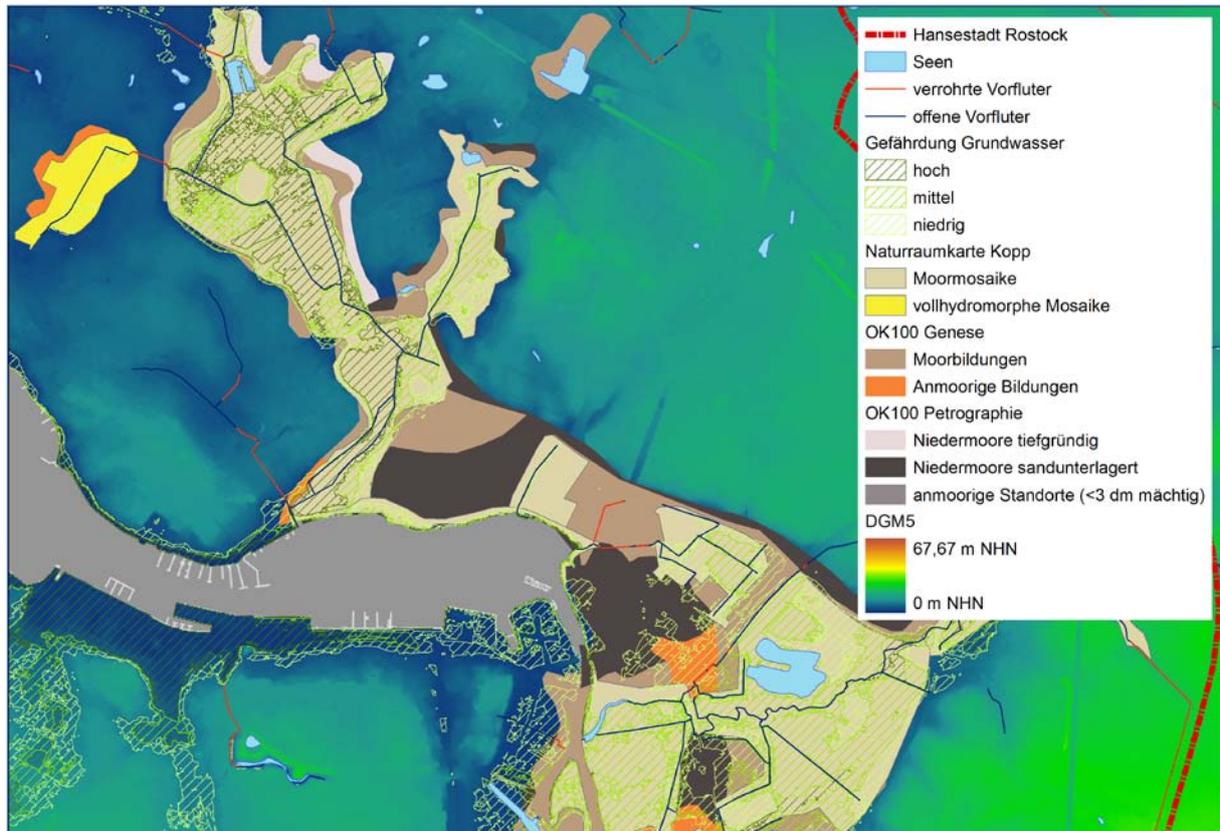


Abbildung 5-8: Überlagerung grundwasserbestimmter Böden (Karte der geologischen Oberflächenbildungen OK100, Forstliche Naturraumkarte) und grundwasserflurabstandsbestimmter Gefährdungsklassen (unmaßstäblicher Ausschnitt)

Von den insgesamt ca. 7.000 ha potentiell gefährdeten Flächen wurden 900 ha (13 %) mit einer hohen Gefährdung eingestuft. Dies sind vornehmlich die Tiefenlagen in den großen Moorbereichen (z.B. Diedrichshäger Moor, Schutower Moorwiesen), Schöpfwerksflächen (z.B. Schmarler Bach, Hechtgraben) sowie die unmittelbar an die Ostsee bzw. die Warnow angrenzenden Areale.

Daran schließen mit ansteigendem Gelände die Bereiche mit mittlerer und schließlich niedriger Gefährdungsklasse an.

Des Weiteren sind auf der Karte zur Grundwassergefährdung zusätzlich die historischen Gewässerverläufe dargestellt. Heute nicht mehr vorhandene bedeutende historische Gewässerverläufe sind:

- Klosterbeek/Klostermühlbach (Parkstraße)
- Unterer Kringelgraben/Kopperteich/Kupfergraben (Am Vögenteich)

In der Kartendarstellung sind mit Zusatzsignatur die recherchierten Dränflächen nachrichtlich aufgeführt. Heute durch Wohn- und Industriegebiete überbaute und ehemals größere zusammenhängende Dränsysteme befanden sich in Lütten Klein, Lichtenhagen, Peez und Hinrichsdorf.

- Karte 1  Wesentliche Entwässerungssysteme und ihre urbanen Einzugsgebiete
- Karte 2  Gefährdung durch oberirdische Abflussbahnen und Senkenlagen
- Karte 3  Spezifischer Gebietsabfluss der Teileinzugsgebiete bei Extremniederschlag
- Karte 4  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit von Schöpfwerksanlagen
- Karte 5  Gefährdung durch begrenzte Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und der Vorfluter
- Karte 6  Gefährdung durch hoch anstehendes Grundwasser
- Karte 7**  **Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee**
- Karte 8  Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung

5.7 Karte 7: Gefährdung durch Überschwemmung infolge Sturmfluten der Ostsee

5.7.1 Zielstellung

In dieser Karte sind die potenziell infolge Sturmfluten der Ostsee gefährdeten Flächen abgebildet. Für die Analyse der Hochwassergefährdung werden die vorhandenen Schutzeinrichtungen bewusst vernachlässigt, d.h. der „Versagensfall“ kann damit bewertet werden. Fachliche Grundlage bilden deshalb die Fachkarten im Zusammenhang mit der HWRM-RL-Umsetzung in Mecklenburg-Vorpommern.

5.7.2 Datengrundlagen

- Ausuferungsflächen Küste Extremhochwasser und Überflutungshöhen entsprechend HWRM-RL (STALU MM 2013)

5.7.3 Methodik

Die vorliegenden Fachdaten stellen die Ergebnisse der Modellierung für den hydrologisch ungünstigen Fall des Bemessungshochwassers (BHW = Sturmflutereignis mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit T von 200 Jahren (HW200) + prognostizierter Wasserspiegelanstieg + Klimazuschlag) dar. Das entspricht an der Außenküste in Warnemünde einem Wasserstand von 2,8 m NHN. Für die Unterwarnow im Bereich des Stadthafens liegt das Bemessungshochwasser bei 3,0 m NHN.

Die Fachdaten (STALU MM 2013) wurden unverändert übernommen und zur Bewertung herangezogen.

Die Einstufung des Gefährdungspotentials erfolgt entsprechend der Klasseneinteilung

des vorliegenden Datensatz zu den Wasserständen bei extremer (außergewöhnlicher) Sturmflut (Tab. 5-9). Sie stellen den sich bei Versagen der Schutzeinrichtungen maximal einstellenden Wasserstand oberhalb des Geländes dar.

Tabelle 5-9: Gefährdungsklassen hinsichtlich Überschwemmung infolge Sturmflut bei einem Bemessungshochwasser (BHW)

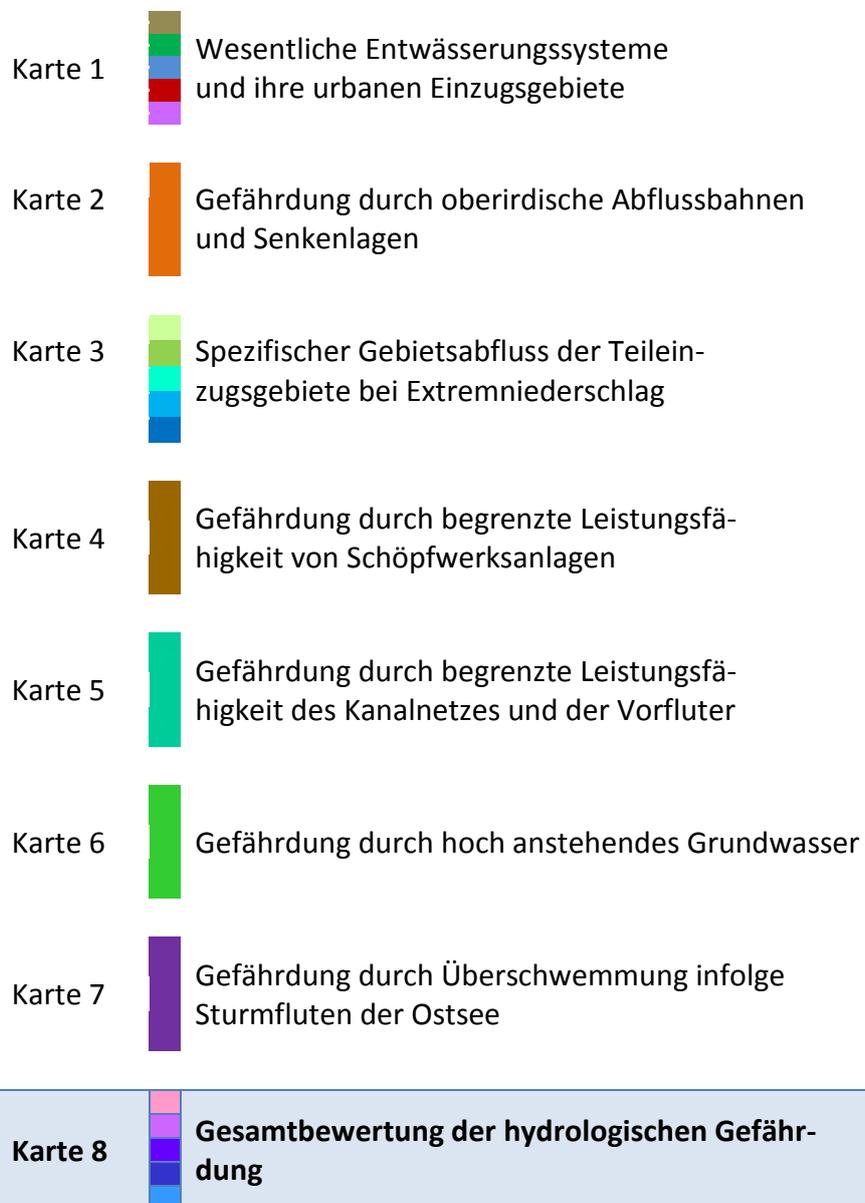
	Hoch Wassertiefe bei Überflutung > 1 m
	Mittel Wassertiefe bei Überflutung < 0,5 - 1 m
	Niedrig Wassertiefe bei Überflutung 0 – 0,5 m

Areale mit hoher Gefährdung sind niedrig gelegene Flächen, die größtenteils bereits durch häufiger auftretende Ostseehochwasserereignisse (z.B. 10-jährliches Hochwasser) überflutet werden können.

5.7.4 Zur Kartendarstellung

Eine Gefährdung hinsichtlich einer Überschwemmung auf Grund einer Sturmflut ergibt sich lage- und höhenbedingt vornehmlich für küstennahe Flächen und an die Warnow angrenzende Niederungsbereiche.

Betroffen sind unter anderem die Niederungen am Hechtgraben, an der Carbak, an der Warnow, am Schmarler Bach, am Laakkanal und im Bereich der ehemaligen Warnow-Werft, Teile der Ortslagen Warnemünde und Hohe Düne sowie weite Flächen in der Rostocker Heide.



5.8 Karte 8: Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung

5.8.1 Zielstellung

Eine Gesamtbewertung der hydrologischen Gefährdung soll folgende Aufgaben erfüllen:

- Übersichtliche und schnelle kartographische Orientierungsmöglichkeit zur Gesamtgefährdungssituation in der Hansestadt Rostock
- Räumlich-funktionales Abbilden komplexer Gefährdung und damit von Mehrfachgefährdungen
- Areale „Überlagerung“ der Einzelaspekte zum Erkennen und Analysieren besonders hoher Gefährdung bzw. entsprechender Abstufungen der Gefährdung im konkreten Raum

5.8.2 Datengrundlagen

- als Datengrundlage dienen alle vorstehenden Ergebnisse (vgl. Kap. 5.2 bis 5.7)

5.8.3 Methodik

Die einzelnen Fachdaten werden im GIS „übereinandergelegt“ und räumlich-inhaltlich „verschnitten“. Danach können sie entsprechend ihrer Merkmals-/Eigenschaftskombinationen ausgewertet bzw. klassifiziert werden.

Für eine Vergleichbarkeit werden die Einzelgefährdungen gewichtet und in ein Punktesystem überführt (Tab. 5-10). Die höchste Teil-Gefährdung erhält dabei eine „1“. Besteht keine Teil-Gefährdung wird eine „0“ vergeben. Zwischenstufen ermöglichen eine differenzierte Gewichtung nach Expertenurteil.

Die Gesamt-Gefährdung ergibt sich rechnerisch aus der Punktschritte der Einzelgefährdungen und wird entsprechend Tabelle 5-11 klassifiziert.

Tabelle 5-10: Punktesystem der Einzelgefährdungen

Gefährdung	Senken	Abflussbahnen	Grundhochwasser	Sturmflut	Historische Gewässer	Schöpfwerksflächen	Dränflächen	Aktivierung Senken	Aktivierung Abflussbahnen
Karte	2	2	6	7	6	4	6	5	5
vorhanden	-	-	-	-	1	-	1	-	1
sehr hoch	1	1	-	-	-	1	-	1	-
hoch	0,75	0,75	1	1	-	0,75	-	0,75	-
mittel	0,5	0,5	0,66	0,9	-	0,5	-	0,5	-
gering	0,25	0,25	0,33	0,8	-	0,25	-	0,25	-
sehr gering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
keine	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 5-11: Gefährdungsklassen hinsichtlich der Gesamtgefährdung nach den Punktschummern der Einzelgefährdungen

	Sehr hoch Punktschumme der Einzelgefährdungen > 4,5
	Hoch Punktschumme der Einzelgefährdungen > 3,5
	Mäßig Punktschumme der Einzelgefährdungen > 2,5
	Gering Punktschumme der Einzelgefährdungen > 1,5
	Sehr gering Punktschumme der Einzelgefährdungen > 0,5

Deshalb lassen sich folgende Tendenzen erkennen:

- Die Gefährdung nimmt ab mit der Geländehöhe.
- Die Gefährdung nimmt ab mit der Entfernung zu Gewässern bzw. Abflussbahnen und Senkenlagen.
- Die Gefährdung nimmt ab mit der Einzugsgebietsgröße.

Eine sehr hohe bzw. hohe Gesamtgefährdung liegt nur für einen sehr geringen Flächenanteil (ca. 0,2% bzw. 1%) des Stadtgebietes vor (Abb. 5-9). Relevante Flächen umfassen vor allem einzelne Abflussbahnen, welche die tiefer gelegenen Moor- und Niederungsbereiche (z.B. Diedrichshagen, Hechtgraben, Schmarler Bach) durchziehen.

Große zusammenhängende Gefährdungsbereiche mit einer sehr geringen bis mäßigen Gefährdungseinstufung befinden sich vornehmlich im Norden der Hansestadt (Diedrichshagen, Höhe Düne). Für insgesamt 56% der Stadtgebietsfläche wurde keine hydrologische Gefährdung ermittelt.

5.8.4 Zur Kartendarstellung

In der Karte sind alle untersuchten Aspekte einer Gefährdung (Senken und Abflussbahnen, Grundhochwasser, Sturmflut, Schöpfwerksflächen, etc.) zu einer hydrologischen Gesamtgefährdung für die Hansestadt Rostock zusammengefasst.

Für die Gesamtgefährdung sind insbesondere die Geländehöhe sowie die hydrologische Einbindung maßgeblich.

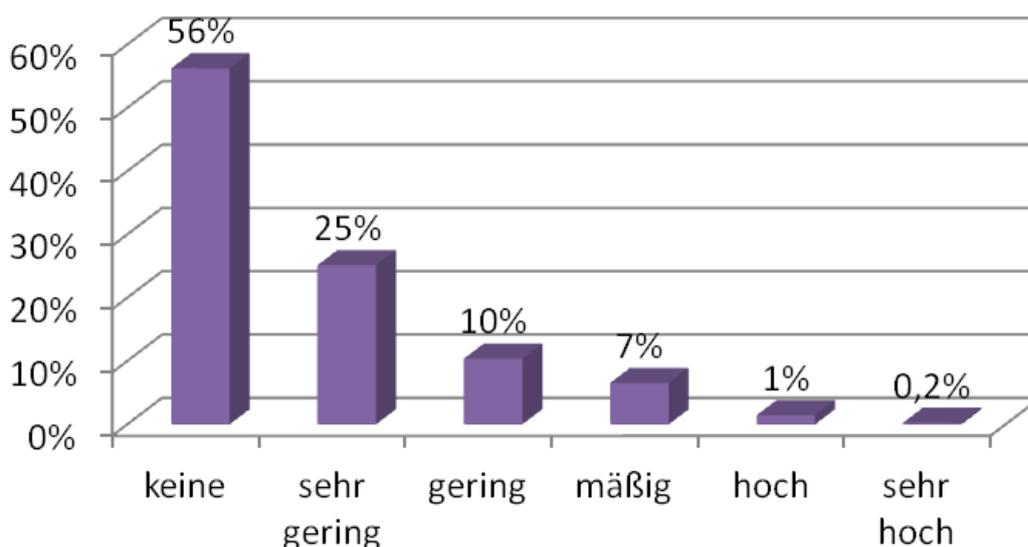


Abbildung 5-9: Flächenanteile der hydrologischen Gesamtbewertung entsprechend der Gefährdungsklassen

5.8.5 Grundsätzliche Bewertung; weitergehender Untersuchungs- bzw. Handlungsbedarf

Die durchgeführte Gefährdungsanalyse zeigt zunächst auf, wie sich die räumliche Situation bezüglich der Gefahren durch Überschwemmung und/oder hoch anstehendes Grundwasser auf dem Gebiet der Hansestadt Rostock darstellt. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung entsprechender kommunaler Vorsorge. „In diesem Zusammenhang darf sich die Überflutungsvorsorge nicht auf Teilaspekte beschränken, sondern muss ganzheitlich und nachhaltig ausgerichtet sein. Dies beinhaltet u. a. die Berücksichtigung stadthydrologischer, städtebaulicher, gewässerbezogener und rechtlicher Aspekte,

die Würdigung der dynamischen gesellschaftlichen und klimatischen Entwicklungen sowie die interdisziplinäre Verflechtung entwässerungstechnischer Fragestellungen im Gesamtkontext kommunaler Planungsaufgaben.“ (DWA 2013)

Wie oben dargestellt beinhalten die Ergebnisse noch keine Schadenspotenzial- bzw. Risikobetrachtungen. Hieraus folgt, dass weiterführende Analysen und Bewertungen notwendig sind, die in eine Risikoeinschätzung münden sollten. Mögliche Beeinträchtigungen und Schäden einzelner Schutzgüter (menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe sowie wirtschaftliche Tätigkeiten und erhebliche Sachwerte) stehen hier im Vordergrund, vgl. Abbildung 5-10.

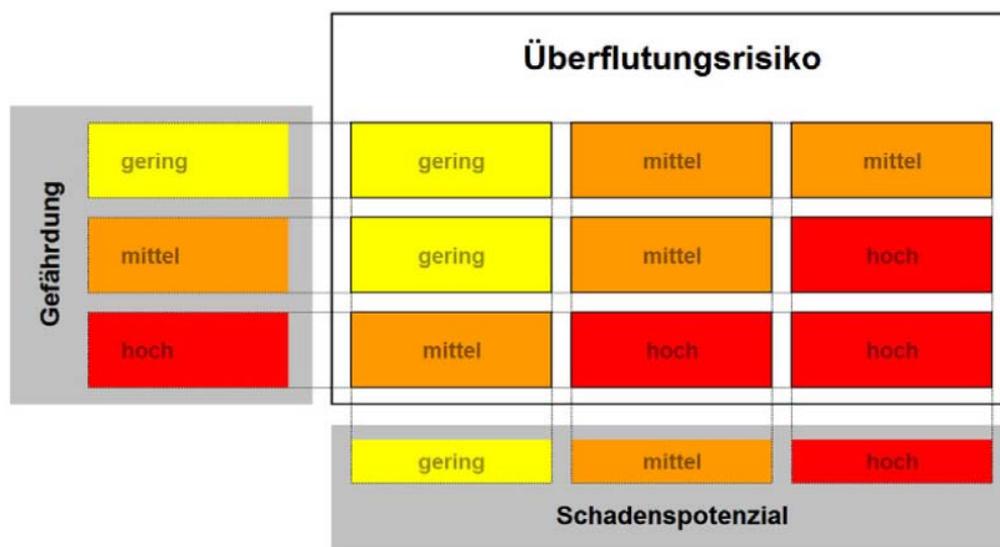


Abbildung 5-10: Beispiel eines Bewertungsschemas zur Klassifizierung des Risikos aus einer Überflutung infolge von Starkregen (aus DWA 2013)

Die HWRM-RL, die auch für große Teile Rostocks im Rahmen der landesweiten HWRM-Planung umzusetzen sein wird, fokussiert auf die Handlungsfelder des Hochwasserschutzes

1. Vermeidung neuer Risiken (im Vorfeld eines Hochwassers),
2. Reduktion bestehender Risiken (im Vorfeld eines Hochwassers),
3. Reduktion nachteiliger Folgen während eines Hochwassers sowie
4. Reduktion nachteiliger Folgen nach einem Hochwasser.

Zu den einzelnen Handlungsbereichen des Hochwasserschutzes werden gezählt (vgl. LAWA 2013):

- Flächenvorsorge
- Bauvorsorge
- Technischer Hochwasserschutz (als Bauvorsorge)
- Natürlicher Wasserrückhalt
- Technischer Hochwasserschutz
- Informationsvorsorge
- Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz
- Verhaltensvorsorge
- Sonstige Vorsorge/Risikovorsorge
- Hochwasserbewältigung/Regeneration

Gerade im urbanen Raum ist das Risiko nicht nur im Hinblick auf den Bestand zu bewerten, sondern vor allem auch im Hinblick auf beabsichtigte, perspektivische Nutzungen. Flächennutzungspläne, Bebauungspläne und/oder Hafentwicklungs- und andere Erschließungspläne müssen im Hinblick auf künftiges Risiko in derartigen Betrachtungen sachgerecht widergespiegelt werden. Andererseits müssen die Ergebnisse der Gefährdungs- und Risikoanalysen selbstverständlich in die kommunalen Vorsorgestrategien einfließen.

So sollten beispielsweise für die Thematik „Starkregen und urbane Sturzfluten“ folgende Bereiche behandelt werden (vgl. DWA 2013):

- a) **Vorsorgemaßnahmen auf kommunaler Ebene**
 - Technische Vorsorgemaßnahmen
 - Außengebietsentwässerung
 - Gewässer und Entwässerungsgräben
 - Öffentliches Kanalnetz

- Straßen und Wege
- Frei- und Grünflächen
- Bauleitplanerische und städtebauliche Vorsorgemaßnahmen
- Flächennutzungsplanung
- Bebauungsplanung
- Administrative und organisatorische Vorsorgemaßnahmen

- b) **Objektbezogene Vorsorgemaßnahmen**

- Abschätzung des objektbezogenen Überflutungsrisikos
 - Maßnahmen der objektbezogenen Überflutungsvorsorge, s. Abbildung 5-11
 - Flächenvorsorge auf Grundstücksebene
 - Bauvorsorge und technisch-konstruktiver Objektschutz
 - Verhaltenswirksame Vorsorge
 - Risikovorsorge
- c) **Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit**
 - Risikokommunikation
 - Öffentlichkeitsarbeit

Auch deshalb werden dort, wo nicht nur eine hohe Gefährdung besteht, sondern auch ein hohes Risiko zu verzeichnen ist, vertiefte Untersuchungen notwendig werden. Diese sind grundsätzlich in hydrologischer und hydraulischer Hinsicht nach dem „Stand der Technik“ vorzunehmen; hier sind die einschlägigen technischen Normen und Fachempfehlungen umzusetzen. Besonders wichtig erscheint, die in der DIN EN 752:2008-04 postulierte „*integrale Entwässerungsplanung*“, welche den Planungsraum Siedlungsentwässerung als gesamtes Abwasserentsorgungssystem im Komplex mit

den Vorflutern sieht, konsequent umzusetzen.



Abbildung 5-11: Strategien der Überflutungsvorsorge für Gebäude (aus DWA 2013)

6 Weitere Ergebnisse

6.1 Regionale/lokale Niederschlagscharakteristika im Hinblick auf Zeitreihenveränderungen und Klimatrends

6.1.1 Zielstellung

Zwar zählt der Niederschlag zu den grundsätzlich nicht beeinflussbaren Größen, aber er ist für den Binnenbereich die wesentliche hochwasserauslösende Größe. Da er als hydrologischer (und siedlungswasserwirtschaftlicher) Bemessungswert benötigt wird, ist nur eine sachgerechte Kennzeichnung seiner Charakteristika sowie der Auftretenswahrscheinlichkeit zielführend. Grundlage der Bemessungen sind Ansätze, die mit oder ohne Sicherheitszuschläge auf folgenden Grundlagen basieren:

- KOSTRA-DWD (2000): für Wiederkehrintervalle T bis $T = 100$ a
- PEN-LAWA (2005): für Wiederkehrintervalle $T > T = 100$ a bis $T = 10.000$ a

Wichtig ist die Frage, inwieweit für Rostock räumliche Unterschiede oder zeitliche Veränderungen (z.B. aufgrund des klimatischen Wandels) im gemessenen Niederschlagsgeschehen festzustellen sind, da dieser Einfluss auf die Bewertung der Entwässerungssysteme haben könnten.

Daher sollen die Niederschläge über einen längeren Zeitraum und für räumlich verteilte Messstationen analysiert werden, um mögliche Trends oder Differenzen zu erkennen.

6.1.2 Datengrundlagen

- Niederschlagsdaten der Station Rostock Warnemünde des Deutschen Wetterdienstes (DWD), bereitgestellt durch die Universität Rostock:

- 1951 - 1972: Tagessummen der Niederschläge
- 1973 - 2012: 3 Niederschlagsterminwerte und Tagessummen
- 1951 - 2012: 5-Minuten-Werte der Monate Mai bis September

- Niederschlagsdaten aus Messungen am Ostseegymnasium Rostock:
 - 2001 - 2008: 1-Stunden-Werte
- Niederschlagsdaten aus Messungen der Eurawasser Nord GmbH:
 - 1993 - 2012: 1-Stunden-Werte
- KOSTRA-DWD (2000): Software KOSTRA-DWD 2000, Version 2.2.1; Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen. – Vertrieb: Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH

6.1.3 Methodik

Zur Überprüfung der regionalen Gültigkeit oder der Analyse ggf. vorhandener Trends sollten auf der Basis folgender Daten statistische, extremwertstatistische und geostatistische (GIS) Auswertungen der Zeitreihen erfolgen:

1. Zeitliche Variabilität der Niederschlagsmengen von Starkregenereignissen mit langer Dauer, (Hauptbetroffenheit Polder und Senken)
2. Zeitliche Variabilität der Intensität von Starkregenereignissen mit kurzer Dauer (Hauptbetroffenheit Siedlungsentwässerung)
3. Veränderung der Vorbedingungen (Vorfeuchte) vor Starkregenereignissen (Infiltrationsfähigkeit der Böden)
4. Räumliche Variabilität von Starkregenereignissen

Dabei soll vor allem der Vergleich mit den Angaben nach KOSTRA-DWD (2000) zeigen,

wie die Daten im regionalen und zeitlichen Kontext zu bewerten sind.

6.1.4 Zeitliche Variabilität der Niederschlagsmengen von Starkregenereignissen mit langer Dauer

Für diese Untersuchung wurden die Werte aus der Niederschlagsmessung der DWD-Messtation Rostock-Warnemünde herangezogen, da für diese Station die längste Datenreihe verfügbar war. Vor der Analyse wurde eine Datenhomogenisierung aufgrund unterschiedlicher Messintervalle und zur Verhinderung von „Kalendereffekten“ durchgeführt.

Anschließend wurden die Niederschlagsmengen für eine bessere Darstellbarkeit zu Wochenwerten aggregiert.

Abbildung 6-1 zeigt die Zeitreihe der wöchentlichen Niederschlagssummen, Abbildung 6-2 die Reihe der maximalen Regenintensitäten über eine Stunde jeweils innerhalb einer Woche.

Auffällig sticht in beiden Darstellungen das Niederschlagsgeschehen des Sommers 2011 heraus. Trotz dieses außergewöhnlichen Ereignisses zeigt allerdings die Trendanalyse über den gesamten Betrachtungszeitraum praktisch keine langfristige Zu- oder Abnahmen der Niederschlagssummen und maximalen -intensitäten für Rostock-Warnemünde auf Wochenbasis.

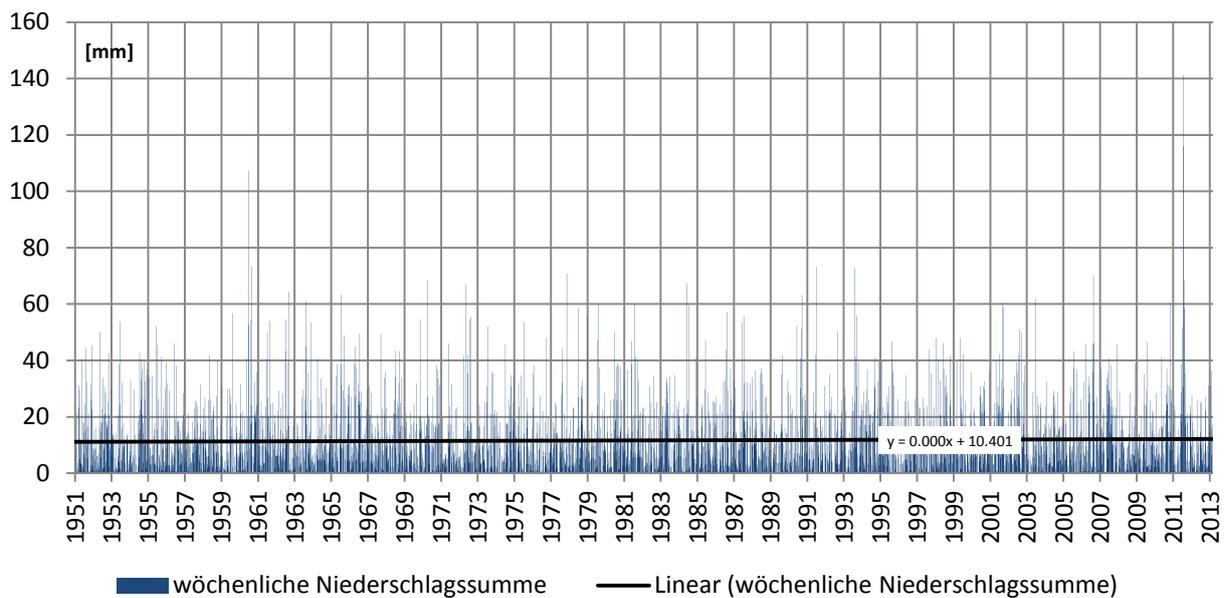


Abbildung 6-1: Wöchentliche Niederschlagssummen an der DWD-Station Rostock-Warnemünde (1951-2013) und linearer Trend

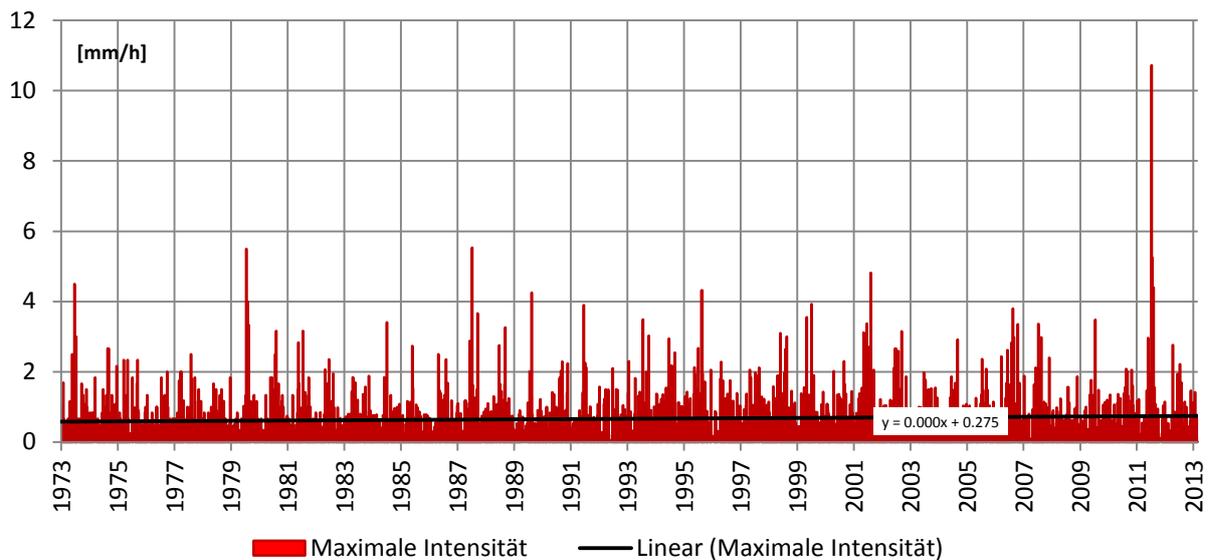


Abbildung 6-2: Aus den Tagesterminwerten ermittelte maximale Niederschlagsintensität (mm/h) jeweils einer Woche an der DWD-Station Rostock Warnemünde in der Zeitreihe 1973-2013 und linearer Trend

6.1.5 Vergleich statistisch und empirisch ermittelter Wiederkehrzeiten von Starkregenereignissen mit kurzer Dauer

Für diese Untersuchung wurden 5-Minuten-Niederschlagswerte der DWD-Station Rostock-Warnemünde in den Monaten Mai bis September von 1951 bis 2010 herangezogen und ausgewertet. Da an dieser Stelle kurze Starkregenereignisse im Fokus stehen, wurden diese mit 15- und 60-Minuten-Ereigniswerten ebenfalls für die Monate Mai bis September (Tab. 6-1) aus KOSTRA-DWD (2000) verglichen. Gefragt war zum

einen, ob diese Schwellenwerte aktuell häufiger oder seltener überschritten werden als am Anfang der Messung und, ob die berechneten Wiederkehrdauern die beobachteten Verhältnisse realistisch abbilden. Aufgrund der Außergewöhnlichkeit der Ereignisse wird das Niederschlagsgeschehen des Sommers 2011 ausgeklammert (die Wiederkehrzeit ist im Bereich $T = 1000$ a einzuordnen, vgl. MIEGEL et al. (2014)).

Tabelle 6-1: Vergleich der an der Klimastation Rostock-Warnemünde entsprechend KOSTRA-DWD (2000) statistisch und anhand der Niederschlagsreihe 1951 bis 2010 empirisch ermittelten Wiederkehrzeiten für kurze Regenereignisse

Statistische Wiederkehrzeit nach KOSTRA-DWD (2000)	Niederschlagsdauer D = 15 min			Niederschlagsdauer D = 60 min		
	Niederschlag [mm]	Häufigkeit der Überschreitung 1951 - 2010	Empirische Wiederkehrzeit	Niederschlag [mm]	Häufigkeit der Überschreitung 1951 - 2010	Empirische Wiederkehrzeit
0,5 a	7	87	0,69 a	11	94	0,64 a
1 a	8,8	49	1,22 a	15	54	1,11 a
2 a	10,5	24	2,5 a	18	27	2,22 a

Statistische Wiederkehrzeit nach KOSTRA-DWD (2000)	Niederschlagsdauer D = 15 min			Niederschlagsdauer D = 60 min		
	Niederschlag [mm]	Häufigkeit der Überschreitung 1951 - 2010	Empirische Wiederkehrzeit	Niederschlag [mm]	Häufigkeit der Überschreitung 1951 - 2010	Empirische Wiederkehrzeit
5 a	12,9	10	6 a	22	13	4,62 a
10 a	14,6	6	10 a	25,3	4	15 a

Es kann festgestellt werden, dass:

- die empirisch aus der Zeitreihe 1951-2010 ermittelten Extremniederschlagshäufigkeiten die statistisch berechneten Werte nach KOSTRA-DWD (2000) fast immer unterschreiten (eine Überschreitung liegt im normalen Schwankungsbereich) und
- damit für Rostock keine Abweichung von den durch KOSTRA-DWD (2000) vorgegebenen Bemessungsniederschlägen aufgrund empirischer Analyse festzustellen ist.

6.1.6 Zeitliche Variabilität der Intensität von Starkregenereignissen mit kurzer Dauer

Anhand der 5-Minuten-Niederschlagswerte der DWD-Station Rostock-Warnemünde in den Monaten Mai bis September von 1951 bis 2010 soll auch untersucht werden, ob im zeitlichen Verlauf eine Zu- oder Abnahme der Häufigkeit von Extremereignissen auftritt. Dazu wurden jährlich die Starkregenereignisse gezählt, die innerhalb von 15 oder 60 Minuten die KOSTRA-DWD-Mengenangaben (Wiederkehrzeit 0,5 a; 1 a;

2 a; 5 a und 10 a) überschreiten (siehe Tab. 6-1). Die Ergebnisse der Zählung und die resultierenden Trend sind den Abbildungen 6-3 und 6-4 zu entnehmen.

Am auffälligsten ist die Zunahme der Häufigkeit bei 15-Minuten-Regen mit relativ niedrigem Schwellenwert (7 mm) von ursprünglich 1 Ereignis auf aktuell 2 Ereignisse pro Jahr. Auch für höhere Schwellenwerte sind leichte Zunahmen festzustellen. Nicht ganz so signifikant ist die Trendentwicklung bei den 60-Minuten-Regen. Hier treten nur leicht ansteigende oder sogar fallende Häufigkeitstrends auf.

Resümierend kann festgestellt werden, dass in Rostock zeitlich kurze und intensive Regenereignisse (mit relativ niedrigen und mittleren Schwellenwerten) im Betrachtungszeitraum offenkundig zugenommen haben. Derzeit werden die statistisch ermittelten Häufigkeiten nach KOSTRA-DWD (2000) aber noch nicht überschritten. Für die Untersuchung von Ereignissen mit hohen bis sehr hohen Schwellenwerten (Wiederkehrzeit 20 - 200 a) sind die vorliegenden Messreihen noch zu kurz.

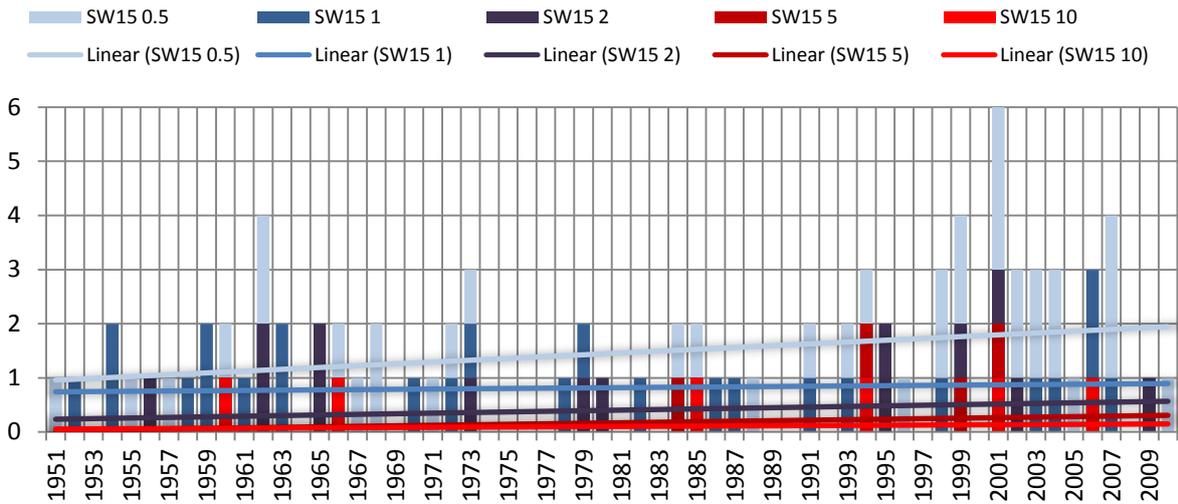


Abbildung 6-3: Überschreitung der Schwellenwerte nach KOSTRA-DWD (2000) für 15-Minuten-Regenereignisse und 0,5 bis 10-jährlichem Wiederkehrintervall in den Monaten Mai bis September sowie jeweilige Trendentwicklung



Abbildung 6-4: Überschreitung der Schwellenwerte nach KOSTRA-DWD (2000) für 60-Minuten-Regenereignisse und 0,5 bis 10-jährlichem Wiederkehrintervall in den Monaten Mai bis September sowie jeweilige Trendentwicklung

6.1.7 Veränderung der Vorbedingungen (Vorfeuchte) vor Starkregenereignissen (Infiltrationsfähigkeit der Böden)

Von Interesse ist auch die Frage, inwieweit sich Vorbedingungen für Extremregenereignisse im Laufe des Beobachtungszeitraumes verändert haben. Ein entscheidender Faktor für die Abflussbildung ist die Infiltrationsfähigkeit der Böden, die wiederum abhängig

von der Vorfeuchte ist. Sollten Extremniederschläge vermehrt auf bereits feuchte oder gesättigte Böden fallen, wäre eine Zunahme der resultierenden Abflüsse zu erwarten.

Dazu wird mittels Anwendung der CN-Methode (SCS 1972) ein Bodenfeuchtwert aus den Regenmengen der 5 vorhergehenden Tage in Abhängigkeit vom zeitlichen

Auftreten ermittelt und entsprechend Tabelle 6-2 klassifiziert.

Tabelle 6-2: Bodenfeuchteklassen aufgrund von Vorregenereignissen

Bodenfeuchte	Vegetationsperiode	Übrige Zeit
I	< 35 mm	< 12,7 mm
II	35 - 52,5 mm	12,7-32,5 mm
III	> 52,5 mm	> 32,5 mm

Abbildung 6-5 zeigt die entsprechende Auswertung der CN-Bodenfeuchte für die Feuchtklasse CN III (sehr feucht) von 1951 bis 2010.

Insgesamt ist eine Zunahme des Auftretens feuchter Bodenverhältnisse zu beobachten. Auffällig dabei ist, dass dies vor allem auf die höhere Werte in den Feuchttjahren zurückzuführen ist. Dies begünstigt das zunehmende Auftreten von extremen Abflussverhältnissen auch nach verhältnismäßig geringen Niederschlägen.

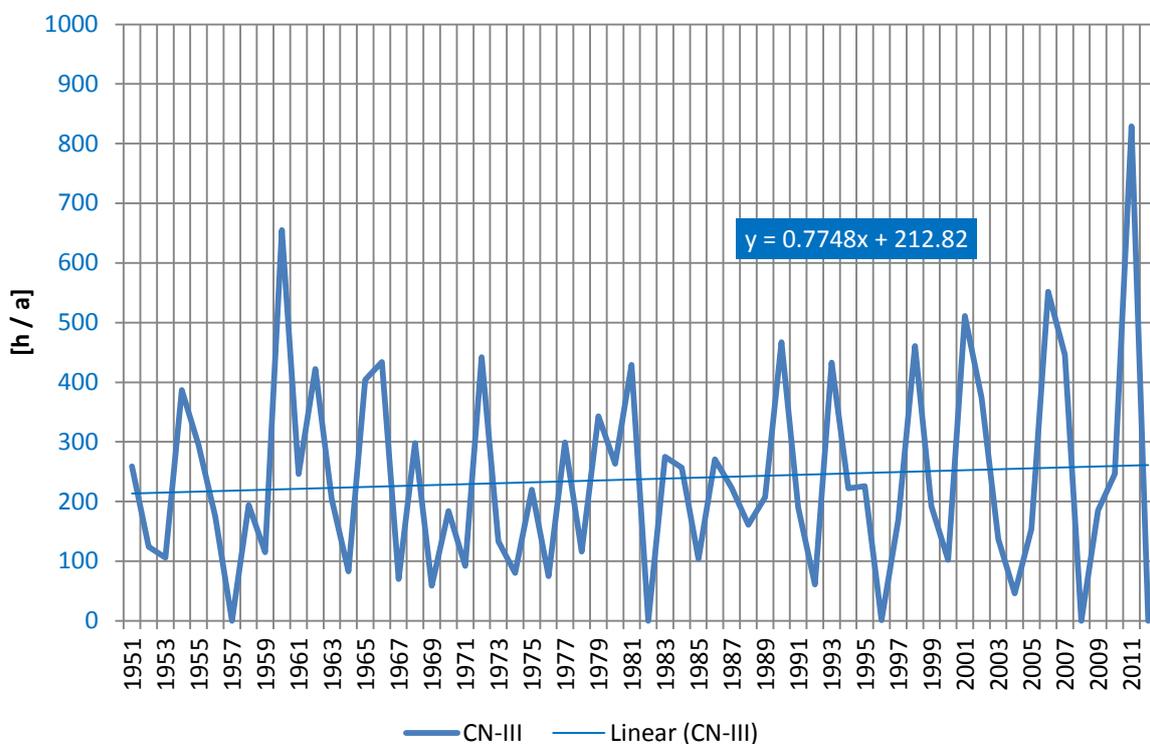


Abbildung 6-5: Dauer des Auftretens [Stunden (h)/Jahr] feuchter Bodenverhältnisse (CN-Klasse III) und die zeitliche Entwicklung als linearer Trend

6.1.8 Räumliche Variabilität von Starkregenereignissen

Für diese Untersuchung wurden Niederschlagstageswerte der DWD-Station Warnemünde, des Ostseegymnasiums Rostock und der Eurawasser Nord GmbH (Abb. 6-6) verglichen.

Allerdings lagen nur im Vergleichszeitraum Februar 2006 bis Juli 2008 Werte aller Stationen vor. Betrachtet wurden jeweils maximale Tageswerte der einzelnen Monate (Abb. 6-7).

Dabei ist festzustellen, dass es eine erhebliche Schwankungsbreite bei diesen Messungen und damit offenbar große räumliche

Heterogenität in Rostock gibt. Insgesamt liegen die gemessenen Monatsmaxima am südlichsten Standort (Eurawasser) etwas unterhalb der anderen beiden Stationen. Inwieweit diese Abweichung auf Messbe-

dingungen zurückzuführen sind oder realen Bedingungen entsprechen, kann im Rahmen dieser Untersuchungen nicht geklärt werden.



Abbildung 6-6: Lage der 3 Niederschlagsmessstellen

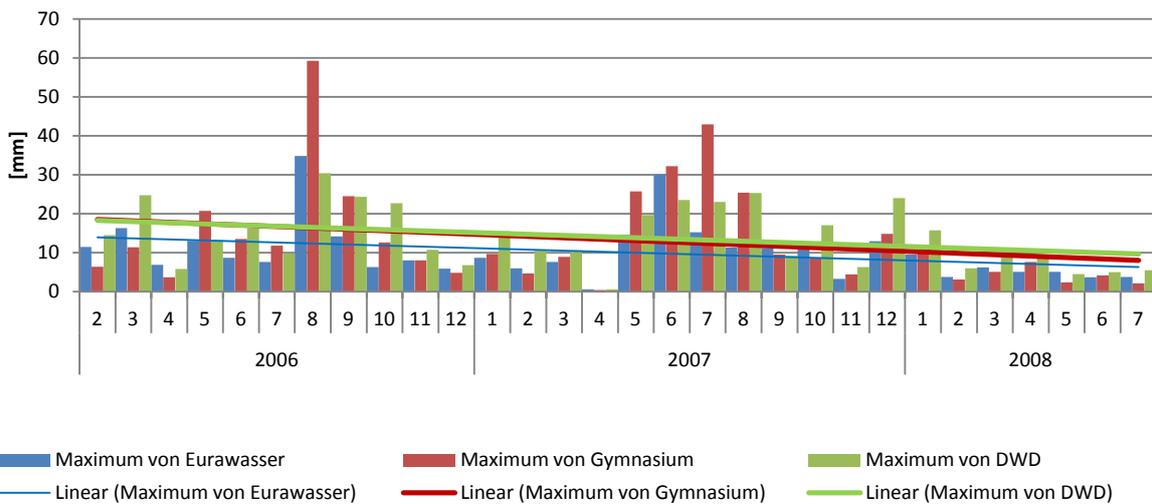


Abbildung 6-7: Maximale Tagesniederschläge jedes Monats für die 3 Niederschlagsmessstellen entsprechend Abbildung 6-6 (1 = DWD-Station Warnemünde; 2 = Ostseegymnasium; 3 = Eurawasser)

6.2 Absicherung der Daten- und Informationsbereitstellung

6.2.1 Zielstellung

Generell werden alle erzeugten Daten umfassend für den Daten- und Informationsaustausch und die Nachnutzung bereitgestellt.

Da die meisten landesweiten Daten sowie die bei potenziellen Auftragnehmern in GIS-Systemen auf der Basis von Software der Firma ESRI vorliegen (ArcGIS/ArcInfo) und die Hansestadt Rostock das GIS-System Map Info Professional nutzt, wurden die Konvertierungsmöglichkeiten geprüft.

6.2.2 Methodik

Es erfolgte eine Prüfung von Konvertierungsmöglichkeiten verschiedener Datenformate, Koordinatensystemdefinitionen und Darstellungssignaturen aus ESRI-GIS-Produkten in das System Map Info Professional im Amt für Umweltschutz der Hansestadt Rostock.

Dabei wurden folgende Formate inklusiv der dazugehörigen Signaturen (Legenden) und Koordinatensystemdefinitionen getestet:

- Abflussbahnen:
 - Format: Shape (shp)
 - Objektart: Polygone
 - Koordinatensystem: ETRS_1989_UTM_Zone_33N8
- Senken:
 - Format: Shape (shp)
 - Objektart: Polygone
 - Koordinatensystem: ETRS_1989_ETRS_TM33 (6-stellig)
- Leitungskataster Eurawasser:
 - Format: Shape (shp)

- Objektart: Linien
- Koordinatensystem: Pulkovo_1942_Adj_1983_3_Degree_GK_Zone_4
- Schöpfwerke:
 - Format: Shape (shp)
 - Objektart: Punkte
 - Koordinatensystem: ETRS_1989_UTM_Zone_33N8
- Grundwasserflurabstand:
 - Format: Image (img)
 - Objektart: Raster
 - Koordinatensystem: ETRS_1989_UTM_Zone_33N8
- Grundwasserflurabstand:
 - Format: GRID (grd)
 - Objektart: Raster
 - Koordinatensystem: ETRS_1989_Transverse_Mercator (8-stellig)

6.2.3 Ergebnisse

Es zeigte sich, dass alle Shape-Dateien (Vektordatenformat) und die img-Datei (Rasterdatenformat) ohne Probleme konvertierbar und in MapInfo einlesbar sind. Lediglich das GRID-Format konnte nicht dargestellt werden, obwohl nach einer MapInfo Produktinformation auch dieses Format kompatibel sein sollte. Es wurde daher vereinbart, alle verwendeten Rasterdaten im img-Format bereitzustellen oder, wenn es sinnvoll erscheint, in eine adäquate Shape-Datei zu konvertieren.

Die zu den Testdateien gehörigen Legenden konnten in keinem Fall in MapInfo integriert werden. Auch die Versuche, mit den verschiedenen Koordinatensystemdefinitionen waren nicht erfolgreich. Eine „On the fly“

Projektion wurde nicht erreicht. Ob dies mit der verwendeten MapInfo Version überhaupt möglich ist, konnte nicht abschließend geklärt werden. Es wurde vereinbart, die Daten in das vom Amt für Umweltschutz verwendete System 42/83 (Gauß-Krüger Koordinatensystem, 3° breite Streifen, basierend auf dem Krassovski-Ellipsoid, Datum Pulkovo 42/83) umzuprojizieren.

Des Weiteren wurde die Möglichkeit erörtert, eine Integration der Daten und der dazugehörigen Legenden über das MapInfo

interne Austauschformat „MIF“ zu erreichen. Jedoch stellte sich heraus, dass auch das keinerlei Vorteile bringt, da in diesem Format Informationen zur Symbologie ebenso wenig speicherbar sind wie in den Formaten von ArcGIS.

Daher wurde vereinbart, dass die Art der Darstellung in Form von Metadaten oder auch als Attributeinträge in der Datentabelle mitgeliefert werden. Je nach Datenart ist die Symbologie zu beschreiben.

Kontinuierliche Daten, z. B. Grundwasserflurabstände oder Höhen eines DGM, die nicht klassifiziert sind werden in Form von Metadaten beschrieben, wie es folgende Darstellung verdeutlichen soll.

Aussehen der Symbologie (Legende)



Beschreibung durch Metadaten

Minimum: 0 m
Maximum: 54 m
Farbe: Verlauf: blau – grün – gelb – rot

Die Symbologie für klassifizierte Daten kann über die anhängige Datentabelle abgefragt und dann gestaltet werden.

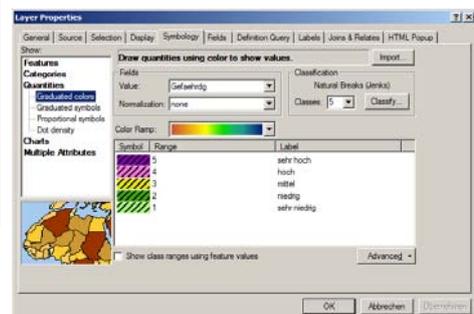
Aussehen der Symbologie (Legende)



Datentabelle mit Klassenwerten

FID	Shape	Gefaehrdg
0	Polygon	4
1	Polygon	2
2	Polygon	2
3	Polygon	2
4	Polygon	1
5	Polygon	2
6	Polygon	2
7	Polygon	2
8	Polygon	2
9	Polygon	2

Zuweisung der Legendeneinträge und der Symbologie



7 Quellen, weiterführende Grundlagen

7.1 Gutachten, Konzepte, Pläne

- BIOTA (2011): Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos im Rahmen der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie für das Land Mecklenburg-Vorpommern. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 144 S.
- BIOTA (2012a): Bewertung der Entwässerungs- bzw. Hochwassersituation für die Gemeinde Elmenhorst/Lichtenhagen: Strategie- und Maßnahmenkonzept. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Gemeinde Elmenhorst/Lichtenhagen, 89 S.
- BIOTA (2012b): Gutachterliche Bewertung der hydrologischen und hydraulischen Verhältnisse am Schmarler Bach als Grundlage für Hochwasserschutzmaßnahmen. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz, 155 S.
- BIOTA (2012c): Integriertes Entwässerungskonzept. Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an den Klimawandel und die Urbanisierung. Phase 1: Grundlagenermittlung. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag der Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz, 41 S.
- BIOTA (2013): Ergänzung des Berichtes zur vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos der Binnengewässer nach EU-HWRM-RL in Mecklenburg-Vorpommern). – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.
- Fachbeitrag Umweltprüfung zum Landschaftsplan der Hansestadt Rostock (2012): strategische Umweltprüfung (SUP) für den Entwurf des Landschaftsplans der Hansestadt Rostock. – Amt für Umweltschutz der Hansestadt Rostock, 46 S.
- HYDOR (2010): Ermittlung grundwasserbeeinflusster oberirdischer Gewässer in Mecklenburg-Vorpommern. - HYDOR Consult GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, unveröff. Bericht, 49. S.
- Landschaftsplan der Hansestadt Rostock (2012): Entwurf des Landschaftsplans der Hansestadt Rostock. – Amt für Stadtgrün, Naturschutz und Landschaftspflege der Hansestadt Rostock, 318 S. + Karten.
- LUNG M-V (2012): Konzept: InGe - Integrierte Gewässermengenbewirtschaftung. Stand 09/2012. – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.
- Rahmenkonzept zur Anpassung an den Klimawandel in der Hansestadt Rostock (2012): Rahmenkonzept zur Anpassung an den Klimawandel in der Hansestadt Rostock. Bearbeitungsstand 2012/2013. – Beschluss der Bürgerschaft der Hansestadt Rostock Nr. 2011/AN/2439, erarbeitet durch: Amt für Umweltschutz unter Mitwirkung von Amt für Stadtgrün, Naturschutz und Landschaftspflege, Stadtforstamt, Amt für Stadtplanung, Stadtentwicklung und Wirtschaft, Gesundheitsamt, Tief- und Hafenbauamt, Brandschutz- und Rettungsamt, Bauamt (alle Hansestadt Rostock), Hafencity-Universität Hamburg, 23 S.

7.2 Rechtsgrundlagen, Förderrichtlinien

BNatSchG: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 6. Oktober 2011 (BGBl. I S. 1986).

FÖRiGeF: Richtlinie zur Förderung der nachhaltigen Entwicklung von Gewässern und Feucht-lebensräumen (FÖRiGeF). – Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Landwirt-schaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern vom 7. Februar 2008, AmtsBl. M-V 2008, S. 116.

HWRM-RL (Europäische Hochwasserrichtlinie): Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwas-serrisiken, Amtsblatt der EG Nr. L 288 vom 06.11.2007

LU M-V (2008): Fachleitfaden „Förderung der nachhaltigen Entwicklung von Gewässern und Feucht-lebensräumen“ zur Umsetzung der von der Europäischen Union aus dem Eu-ropeischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) mitfinanzierten Fördermaßnahmen in Mecklenburg-Vorpommern. – Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, 49 S.

LWaG: Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG) vom 30. November 1992, GVBl. M-V S. 669, zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 4. Juli 2011 (GVOBl. M-V S. 759, 765).

WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 6. Okto-ber 2011 (BGBl. I S. 1986).

WRRL (Europäische Wasserrahmenrichtlinie): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Par-laments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der EG Nr. L 327/1 vom 22.12.2000.

7.3 Fachliteratur und Normen

DIN 4049 Teil 1: Hydrologie – Grundbegriffe. – Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 752:2008-04: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Deutsche Fassung EN 752:2008.

DWA (2013): Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. – DWA-Themen 1/2013, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

IFOK (2005): Ergebnisse Fachgespräch „Veränderung des Klimas – Herausforderungen eines nachhaltigen und vorbeugenden Hochwasserschutzes“ am 22. November 2004 im Umweltbundesamt, Berlin. – Wissenschaftliche Begleitung im Rahmen des vorbeu-genden Hochwasserschutzes - Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes (UBA): 204 21 211, IFOK Institut für Organisationskommunikation, 25 S.

- IPCC (2007): 4. Sachstandsbericht (AR4) des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) über Klimaänderungen. Deutsche Kurzfassung. – Bundesumweltministerium, http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ipcc2007_kurzfassung.pdf
- IPCC (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [FIELD, C.B., V. BARROS, T.F. STOCKER, D. QIN, D.J. DOKKEN, K.L. EBI, M.D. MASTRANDREA, K.J. MACH, G.-K. PLATTNER, S.K. ALLEN, M. TIGNOR, and P.M. MIDGLEY (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- LAWA (2009): Vorgehensweise bei der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos nach HWRM-RL. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, beschlossen auf der 137. LAWA-VV am 17./18. März 2009 in Saarbrücken.
- LAWA (2013): Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen. – Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, beschlossen auf der 146. LAWA-VV am 26./27. September 2013 in Tangermünde.
- MEHL, D. & SCHNEIDER, M. (2009): Ein Hochwasseraktionsplan für einen Tieflandbach? – Wasser und Abfall 3: 44-49.
- MEHL, D. (2004): Grundlagen hydrologischer Regionalisierung: Beitrag zur Kennzeichnung der hydrologischen Verhältnisse in den Flußgebieten Mecklenburgs und Vorpommerns. – Dissertation, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, 156 S.
- MEHL, D., MIEGEL, K. & SCHUMANN, A. (2014): Ungewöhnliche Niederschlagsereignisse im Sommer 2011 in Mecklenburg-Vorpommern und ihre hydrologischen Folgen. Teil 2: Hydrologische Folgen. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. – in Druck.
- MIEGEL, K., MEHL, D., MALITZ, G. & ERTEL, H. (2014): Ungewöhnliche Niederschlagsereignisse im Sommer 2011 in Mecklenburg-Vorpommern und ihre hydrologischen Folgen. Teil 1: Hydrometeorologische Bewertung des Geschehens. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. – in Druck.
- PREIBLER, G. & BOLLRICH, G. (1985): Technische Hydromechanik. – Berlin (Verlag für Bauwesen), 549 S.
- SCHUMANN, A., MEHL, D., MIEGEL, K., BACHOR, A. & EBERTS, J. (2013): Das Sommerhochwasser 2011 in Mecklenburg-Vorpommern. Dokumentation und Auswertung. – Materialien zur Umwelt 2013 (2), Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern [Hrsg.], 57 S.
- SCS (1972): US Department of Agriculture Soil Conservation Service, 1972. National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology. US Government Printing Office, Washington, DC, 544.

7.4 Datengrundlagen

Digitale Orthophotos (DOP): Geodaten der Vermessungs- und Katasterbehörden M-V (GeoBasis-DE/M-V 2010).

Digitale Topographische Karten (DTK): Geodaten der Vermessungs- und Katasterbehörden M-V (GeoBasis-DE/M-V 2010).

EURAWASSER (2013): Digitales Kataster zum Siedlungsentwässerungssystem der EURAWASSER Nord GmbH.

<http://www.wrrl-mv.de> bzw. <http://www.wasserblick.net>: Ergebnisse der Bewirtschaftungsvorplanung nach WRRL in Mecklenburg-Vorpommern.

KOSTRA-DWD (2000): Software KOSTRA-DWD 2000, Version 2.2.1; Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen. – Vertrieb: Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH.

LUNG M-V (2008): GIS-Wasserrahmenrichtlinienprojekt Mecklenburg-Vorpommern (Stand 2008). – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Nutzungsgenehmigung durch das Staatliche Amt für Landwirtschaft und Umwelt Rostock (email-Schreiben vom 24.02.2011, Dez. 43).

Offene Regionalkarte Mecklenburg-Vorpommern (<http://www.orka-mv.de/nutzungsbedingungen.html>).

PEN-LAWA (2005): Software PEN-LAWA 2005, Version 1.0; Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags. – Vertrieb: Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH.

STALU MM (2011): Digitales Geländemodell DGM-Küste. – Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg, bereitgestellt durch Fa. HydroGIS GmbH.

STALU MM (2013): Ausuferungsflächen Küste Extremhochwasser und Überflutungshöhen entsprechend HWRM-RL-Umsetzung. – Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg.

Versiegelungskataster der Hansestadt Rostock. – Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz.

WBV UNTERE WARNOW-KÜSTE (2013): Digitales Kataster des Wasser- und Bodenverbandes „Untere Warnow-Küste“ und weitere Fachdaten.

8 Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Abfluss	Nach DIN 4049 Teil 1: a) allgemein: unter dem Einfluss der Schwerkraft auf und unter der Erdoberfläche sich bewegendes Wasser, b) quantitativ: Wasservolumen aus einem Einzugsgebiet, das den Abflussquerschnitt in der Zeiteinheit durchfließt
Abflussfülle	Begriff für das Abflussvolumen je Zeiteinheit
Advektives Niederschlagsereignis	Aufgleitender Niederschlag infolge überwiegend horizontaler Luftbewegung (auch zyklonaler Niederschlag), bildet sich regelmäßig als langanhaltender bzw. Dauerniederschlag an der Warmfront beim Aufeinandertreffen warmer und kalter Luftmassen aus
Durchfluss	Nach DIN 4049 Teil 1: Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt, unabhängig von der Zuordnung zu einem Einzugsgebiet
DWD	Deutscher Wetterdienst
Genese (hydrologisch)	Entstehung, Herkunft, Ursprung; die hydrologische Genese beschreibt die Entstehung und die häufig komplexen Ursachen (und Wirkungen) von Hochwassern, einfache (genetische hydrologische) Hochwassertypen sind u. a. Hochwasser infolge von langandauernden Regenereignissen (advektiver Niederschlag), infolge von Sturzfluten (konvektiver Niederschlag), Hochwasser infolge Schneeschmelze, Hochwasser infolge Regen auf gefrorenem Boden usw.
Grundhochwasser	Zeitlich begrenzte Erscheinungsform hoher Wasserstände im Grundwasser
GW	Grundwasser
GWFA	Grundwasserflurabstand
Hochwasser	Hochwasser ist die zeitlich begrenzte Überschwemmung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land durch oberirdische Gewässer oder durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser. (§ 72 WHG)
Hochwasserschutz	Nach DIN 4047 Teil 2: Gesamtheit der Maßnahmen des Gewässerausbaus, durch Gewässerregelung und Bedeichung, der Hochwasserrückhaltung und/oder der baulichen Veränderungen an den zu schützenden Bauwerken und Anlagen, die dazu dienen, das Überschwemmungsgebiet zu verkleinern, den Hochwasserstand zu senken und/oder den Hochwasserabfluss zu ermäßigen.
Konvektives Niederschlagsereignis	Schauerartiger, häufig gewittriger Niederschlag, gebunden an vertikale Luftbewegung/Konvektion (Aufsteigen warmer Luft in kältere Luftschichten)
Pegel	Anlage zum Messen des Wasserstandes und ggf. weiterer hydrologischer Größen, bei Fließgewässerpegeln im Regelfall Messung oder Ermittlung des Durchflusses
Q	Durchfluss (oder Abfluss), Definition s. dort, Angabe in m^3/s oder l/s
Schöpfwerk (auch Pumpwerk)	Nach DIN 4047 Teil 2: Wasserförderanlage für Entwässerungszwecke
T(a)	Wiederkehrintervall T in Jahren (a), Definition s. dort

Translation	Mit Translation beschreibt man in der Hydrologie die Fortbewegung des Wassers in einem System ohne signifikante Speichereffekte (reine Massenschiebung). Eine Abflussganglinie wird dabei zwischen zwei Orten zeitlich quasi nur „verschoben“. Erfolgt ohne wesentliche weitere Einflüsse eine Abflachung einer Abflussganglinie in Fließrichtung und im Vergleich von zwei Orten, dann wäre eine Dämpfung zu verzeichnen; die Dämpfung ist dann auf Retention (Speichereffekte) zurückzuführen.
Überschwemmungsgebiet	<p>Nach DIN 4047 Teil 5: Fläche, die nach dem Ausufern (Heraustreten des Wassers aus dem Gewässerbett) vom Wasser zusätzlich bedeckt wird; meist bezogen auf ein beobachtetes Hochwasser oder ein Hochwasser mit einer bestimmten Wiederkehrwahrscheinlichkeit</p> <p>Für (rechtlich festgesetzte) Überschwemmungsgebiete nach § 76 WHG: Überschwemmungsgebiete sind Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern und sonstige Gebiete, die bei Hochwasser überschwemmt oder durchflossen oder die für Hochwasserentlastung oder Rückhaltung beansprucht werden. Dies gilt nicht für Gebiete, die überwiegend von den Gezeiten beeinflusst sind, soweit durch Landesrecht nichts anderes bestimmt ist.</p>
W	Wasserstand, nach DIN 4049 Teil 1: lotrechter Abstand eines Punktes des Wasserspiegels über einem festgelegten Bezugshorizont, Angabe am Pegel über Bezugsniveau (Pegelnulldpunkt) in cm oder m
WBV	Wasser- und Bodenverband (-verbände)
Wiederkehrintervall T(a)	<p>Wiederkehrintervall T in Jahren (a) bzw. Jährlichkeit als Wiederkehrwahrscheinlichkeit von Ereignissen: es gibt bei Hochwasser den durchschnittlichen Zeitabstand T an, in dem ein Ereignis einmal erreicht oder überschritten wird; die Angabe erfolgt im Regelfall bezogen auf den Hochwasserdurchflussscheitel als HQ(T)</p> <p>Das Wiederkehrintervall wird bestimmt mittels stochastischer (statistischer und wahrscheinlichkeitstheoretischer) Analyse beobachteter Ereignisse, die als Zufallsdaten betrachtet werden; Grundlage sind regelmäßig langjährige, gemessene (und zuverlässige) Abflussreihen an Pegeln; den Mess- oder ggf. auch Berechnungsdaten wird dabei eine Wahrscheinlichkeitsverteilung zugrunde gelegt und eine entsprechende Verteilungsfunktion angepasst; durch Extrapolation ist auch die Abdeckung nicht beobachteter Zeiträume möglich, wobei das 3-fache der Länge einer Beobachtungsreihe möglichst nicht überschritten werden sollte, da die Unsicherheit mit der Extrapolationslänge steigt</p>

9 Anhang

1. Schöpfwerk Laak	
	
Technische Daten:	
Einzugsgebiet	996 ha
Anzahl der Pumpen	2
Förderhöhe, h_{man}	2,5 m
Fördermenge je Pumpe/Gesamt	1.500/3.000 m ³ /h
Pegel (EP: Einschaltpeil, AP: Ausschaltpeil)	
EP1	- 1,10 m HN
EP2	- 1,00 m HN
AP	- 1,40 m HN
Hochwasserschaltung	-
Sommer- /Winterbetrieb	-
Freiauslauf	-
Hochwasserentlastung	-
<i>Laufzeit pro Jahr (überschläglich)</i>	<i>20 %</i>
<i>Volumenanteil gepumpt/ Niederschlag</i>	<i>40 %</i>

1. Schöpfwerk Laak

Beschreibung:

Das Einzugsgebiet der Laak ist sehr stark anthropogen überprägt und durch geringe Geländehöhen gekennzeichnet. Weiterhin stehen sich hier die unterschiedlichen Entwässerungsbedarfe der verschiedenen Nutzungsansprüche (Siedlung/Landwirtschaft, Kleingärten/Moorschutz) gegenüber.

In der Vergangenheit wurden zunehmend Probleme sowohl durch die Hochwasser-/Überflutungsereignisse als auch durch unzureichende Vorflutbedingungen für Warnemünde festgestellt. Die Hansestadt Rostock beauftragte daher im Jahr 2010 das Institut *biota* mit der „Gutachterliche hydrologische und hydraulische Untersuchung des Laaksystems“. Im Frühjahr 2011 wurde das Gutachten übergeben. Die festgestellten Defizite sind beim Hochwasserereignis im Sommer 2011 eindrucksvoll bestätigt worden. Im Zuge der Aufarbeitung des Gutachtens und des Hochwassers befindet sich das Laaksystem in einer umfangreichen Überarbeitung. Hier ist auch ein Ersatzneubau des Schöpfwerkes vorgesehen. Das neue Schöpfwerk wird auf die erforderliche Leistung angepasst und in die geplante Sturmflutschutzlinie integriert.

Durch die Höhenentwicklung und die erforderlichen Peile ist sowohl ein Freiauslauf als auch eine Hochwasserentlastung nicht gegeben. Aus den Randbedingungen resultiert auch die hohe Sensibilität auf Störungen/Ausfälle im Bedarfsfall.

Mit dem Neubau ist der Betrieb bei Außenhochwasser entsprechend zu berücksichtigen. Aktuell ist dieser nur eingeschränkt möglich. Gleichzeitig ist derzeit kein Schutz vor dem Bemessungshochwasser Ostsee vorhanden.

2. Schöpfwerk Schmarler Bach



Technische Daten:

Einzugsgebiet	2197 ha
Anzahl der Pumpen	4
Förderhöhe, h_{man}	4,3 m
Fördermenge je Pumpe/ Gesamt	3.150/ 12.600 m ³ /h, bei $h_{\text{man}} = 2,70$ m 2.800/ 11.200 m ³ /h, bei $h_{\text{man}} = 3,85$ m
Pegel (EP: Einschaltpeil, AP: Ausschaltpeil)	
EP1	- 1,45 m HN
EP2	- 1,30 m HN
EP3	- 1,15 m HN; aktuell (min. ab 2008) nicht genutzt
EP4	- 1,00 m HN; aktuell (min. ab 2008) nicht genutzt
AP	- 1,65 m HN
Hochwasserschaltung	-
Sommer- /Winterbetrieb	-
Freiauslauf	-
Hochwasserentlastung	ja, Sohle ca. 0,0 m HN, in Abhängigkeit vom Außenwasserstand
<i>Laufzeit pro Jahr (überschläglich)</i>	< 10 %
<i>Volumenanteil gepumpt/ Niederschlag</i>	35 %

2. Schöpfwerk Schmarler Bach
Beschreibung:
<p>Das Schöpfwerk wurde im Zuge der Wohngebietserschließung Rostock-Nordwest zur Sicherstellung der erforderlichen Vorflutbedingungen für die Regenentwässerung geplant und gebaut. Mit der weiteren städtebaulichen Entwicklung, insbesondere der Vergrößerung der angeschlossenen Bebauungsfläche von ursprünglich ca. 2 km² auf ca. 8 km² erfolgt um 1980 die Erweiterung des Schöpfwerkes durch eine Hochwasserentlastung.</p> <p>Das Einzugsgebiet liegt deutlich höher als beim Laaksystem. Trotzdem sind die Schöpfwerkspeile tiefer. Dadurch sind gegebenenfalls auftretende Rückstausituationen am Schöpfwerk nicht kritisch.</p> <p>Durch das Sommerhochwasser 2011 kam es auch im Einzugsgebiet des Schmarler Baches zu Problemen. In der Aufarbeitung des Ereignisses wurde das Institut <i>biota</i> mit der „Gutachterliche Bewertung der hydrologischen und hydraulischen Verhältnisse am Schmarler Bach als Grundlage für Hochwasserschutzmaßnahmen“ beauftragt.</p> <p>Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Probleme, wie auch die großen Schäden in Evershagen Dorf, nicht/kaum mit dem Schöpfwerk im Zusammenhang stehen. Im Gutachten wurde gleichzeitig die Leistungsfähigkeit des Schöpfwerkes nachgewiesen.</p> <p>Im Mahlbusen wurde der maximale Wasserstand mit ca. 1,2 m HN festgestellt und lag damit ca. 2,2 bis 2,65 m über den Einschaltpeilen der Pumpen. Trotzdem kam es im Umfeld des Schöpfwerkes nur zu geringen Schäden.</p> <p>Mit der Revitalisierung der Hochwasserentlastung, Abschluss 2013, können solche Ereignisse in Abhängigkeit von Außenwasserstand noch deutlich abgemildert werden. Mit der Installation des Monitoring/ Fernwartung sollte die Hochwasserentlastung mit einbezogen werden. Auf eine vollautomatische Steuerung ist aber aus Sicherheitsgründen zu verzichten.</p>
Außenhochwasser:
<p>Das Schöpfwerk ist in die Sturmflutschutzlinie integriert. Hier ist der SW-Betrieb im Außenhochwasserfall zu prüfen und ggf. das Betriebsregime anzupassen. Weiterhin ist die Hochwasserentlastung nicht mit einer zweiten Verschlussicherheit ausgerüstet</p>
Zustand:
<p>Der Bauzustand, hier vor allem der Stahlbetonteil, ist augenscheinlich durch unterschiedliche Schadensbilder gekennzeichnet. Hier ist eine Bauwerksinspektion dringend geboten, die aller Voraussicht nach noch in einem Sanierungskonzept mündet.</p> <p>Die Pumptechnik wird mittels der vorhandenen Ersatzpumpe überholt und durchgetauscht.</p>
Peile:
<p>Die vorhandenen Peile sollten auf Ihre Notwendigkeit überprüft werden. Die aktuellen Peile sind augenscheinlich vergleichsweise niedrig. Zudem sind die beiden Zuläufe, Schmarler Bach und Dragunsgraben, über Abstürze an den Mahlbusen angeschlossen, so dass die Absenkziele zur Schaffung der Vorflut nicht erforderlich sind. Ein Konzept zur Anhebung der Peile ist daher zu empfehlen.</p>

3. Schöpfwerk Klostergraben



Technische Daten:

Einzugsgebiet	165 ha
Anzahl der Pumpen	2
Förderhöhe, h_{man}	k. A.
Fördermenge je Pumpe/ Gesamt	2.840/ 5.680 m ³ /h
Pegel (EP: Einschaltpeil, AP: Ausschaltpeil)	
EP1	- 1,45 m HN
EP2	k. A.
AP	- 1,65 m HN
Hochwasserschaltung	-
Sommer- /Winterbetrieb	-
Freiauslauf	-
Hochwasserentlastung	-
<i>Laufzeit pro Jahr (überschläglich)</i>	<i>< 10 %</i>
<i>Volumenanteil gepumpt/ Niederschlag</i>	<i>>> 100 %</i>

3. Schöpfwerk Klostergraben

Beschreibung:

Das Schöpfwerk dient der Sicherstellung der Vorflut für die Regenentwässerung von einem Teil der Wohnbebauung sowie dem Industriegebiet Schmarl. Im Zuge der Herstellung des Warnow-Tunnels und der zugehörigen Verkehrsanbindung ist der Klostergraben neu geordnet worden.

Wie beim Schmarler Bach liegt das Einzugsgebiet deutlich über dem Laakbereich, trotzdem sind auch hier die Schöpfwerkspeile niedriger. Dadurch sind gegebenenfalls auftretende Rückstausituationen am Schöpfwerk nicht kritisch. Eine Überprüfung der Peile erscheint sowohl zur Kostenreduzierung als auch in Bezug auf die Grundwasserbeeinflussung angezeigt. Die überschlägige Gegenüberstellung der Pumpzeiten im Vergleich zu den durchschnittlichen Niederschlagsmengen deuten entweder auf einen signifikanten Grundwasserzufluss bzw. Fremdgebietszufluss oder fehlerhafte Aufzeichnungen hin. Hier wird nochmals auf das notwendige Monitoring verwiesen.

Ähnlich wie am Schmarler Bach ist hier ausreichender Retentionsraum vorhanden. So sind auch 2011 keine größeren Probleme aufgetreten.

Ein Freiauslauf ist durch die Zielwasserstände und eine Hochwasserentlastung durch den hoch liegenden Ablaufgraben nicht möglich.

Sonstiges:

In der weiteren Bearbeitung sind der Sturmflutschutz und der Betrieb bei Außenhochwasser zu prüfen.

4. Schöpfwerk Otternsteig



Technische Daten:

Einzugsgebiet	45 ha
Anzahl der Pumpen	2
Förderhöhe, h_{man}	3,0 m
Fördermenge je Pumpe/ Gesamt	$P1 = 72 + P2 = 144 / 216 \text{ m}^3/\text{h}$
Pegel (EP: Einschaltpeil, AP: Ausschaltpeil)	
EP1	0,03 m HN
EP2	k. A.
AP	- 0,23 m HN
Hochwasserschaltung	-
Sommer- /Winterbetrieb	-
Freiauslauf	ja, DN 800 mit Rückschlagklappe im Pumpenschacht, Sohle -0,45 m HN
Hochwasserentlastung	-
<i>Laufzeit pro Jahr (überschläglich)</i>	<i>k. A.</i>
<i>Volumenanteil gepumpt/ Niederschlag</i>	<i>k. A.</i>

4. Schöpfwerk Otternsteig

Beschreibung:

Das Schöpfwerk ist mit der Carbäk-Renaturierung im Jahr 2006 neu errichtet worden. Im Zuge der Renaturierung ist landwirtschaftliche Nutzung der Carbäk-Niederung aufgegeben worden und wieder den natürlichen Wasserspiegelschwankungen der Warnow unterworfen worden. Zur Sicherstellung der vorhandenen Wohnbebauung wurde diese eingepoldert und die erforderlichen Wasserstände über das Schöpfwerk sichergestellt.

Das Schöpfwerk ist als Pumpschacht im Hochwasserdamm integriert. Der Betrieb bei Außenhochwasser ist zu prüfen und ggf. ins Betriebsregime mit einzupflegen.

5. Schöpfwerk Hechtgraben



Technische Daten:

Einzugsgebiet	791 ha
Anzahl der Pumpen	2
Förderhöhe, h_{man}	k. A.
Fördermenge je Pumpe/ Gesamt	700/ 1.400 m ³ /h
Pegel (EP: Einschaltpeil, AP: Ausschaltpeil)	
EP1	- 1,04 m HN
EP2	- 0,94 m HN
AP	- 1,29 m HN
Hochwasserschaltung	-
Sommer- /Winterbetrieb	-
Freiauslauf	-
Hochwasserentlastung	-
<i>Laufzeit pro Jahr (überschläglich)</i>	<i>47 %</i>
<i>Volumenanteil gepumpt/ Niederschlag</i>	<i>68 %</i>

5. Schöpfwerk Hechtgraben

Beschreibung:

Das Schöpfwerk ist für die landwirtschaftliche Nutzung der Hechtgrabenniederung angelegt worden. Mit der städtebaulichen Entwicklung sind inzwischen umfangreiche Siedlungsgebiete angeschlossen. Durch die Auslegung als Flussschöpfwerk müssen die anfallenden Wassermassen entsprechend geschöpft werden.

Durch die Niederung und die entsprechend hohen Siedlungsgebiete steht jedoch ein großer Retentionsraum zur Verfügung. Dadurch sind kaum Probleme im Binnenhochwasserfall bzw. Schöpfwerksausfall zu erwarten.

Das Schöpfwerk (Bauwerk) hat augenscheinlich seinen geplanten Nutzungszeitraum erreicht. Mit den damit notwendigen Investitionen sollte das aktuelle Hechtgrabensystem geprüft werden. Die Nutzen-Kosten-Relation (landwirtschaftliche Nutzung) ist hier kritisch zu hinterfragen. In diesem Kontext sind auch die Anforderungen für den Sturmflutschutz zu berücksichtigen.

Es ist eine entsprechende Machbarkeitsstudie zu empfehlen.

Ein Freiauslauf ist durch die (aktuellen) Zielwasserstände nicht möglich. Eine Hochwasserentlastung erscheint im Kontext zum großen Retentionsraum nicht sinnvoll.

6. Schöpfwerk Peez	
Technische Daten:	
Einzugsgebiet	56 ha
Anzahl der Pumpen	1
Förderhöhe, h_{man}	k. A.
Fördermenge je Pumpe/ Gesamt	250 m ³ /h
Pegel (EP: Einschaltpeil, AP: Ausschaltpeil)	
EP1	k. A.
EP2	k. A.
AP	k. A.
Hochwasserschaltung	-
Sommer- /Winterbetrieb	-
Freiauslauf	-
Hochwasserentlastung	ja
<i>Laufzeit pro Jahr (überschläglich)</i>	2 %
<i>Volumenanteil gepumpt/ Niederschlag</i>	13 %
Beschreibung:	
<p>Das Schöpfwerk wurde ursprünglich zur Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen errichtet. Mit dem Ausbau des Seehafens wurden Teile des oberirdischen Einzugsgebietes umgestaltet und der Mahlbusen als Feuerlöschteich umgenutzt. Aktuell besteht kaum öffentlicher Entwässerungsbedarf. Das wird auch durch die Laufzeiten bestätigt.</p> <p>Die öffentliche Notwendigkeit des Schöpfwerkes ist hier zu hinterfragen und eine Aufgabe bzw. Übertragung an den Nutzer (YARA) anzustreben.</p>	

7. Schöpfwerk Stuthof	
Technische Daten:	
Einzugsgebiet	364 ha
Anzahl der Pumpen	2
Förderhöhe, h_{man}	k. A.
Fördermenge je Pumpe/ Gesamt	P1 = 100 + P2 = 350 / 450 m ³ /h
Pegel (EP: Einschaltpeil, AP: Ausschaltpeil)	
EP1	k. A.
EP2	k. A.
AP	k. A.
Hochwasserschaltung	-
Sommer- /Winterbetrieb	-
Freiauslauf	-
Hochwasserentlastung	-
<i>Laufzeit pro Jahr (überschlägich)</i>	0 %
<i>Volumenanteil gepumpt/ Niederschlag</i>	0 %
Beschreibung:	
<p>Das Schöpfwerk wurde ursprünglich zur Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen errichtet. Aus den Betriebszeiten wurde ersichtlich, dass ein Schöpfwerksbedarf kaum erforderlich ist und die Abkopplung von den schwankenden Außenwasserständen die Nutzung bereits gut ermöglicht.</p> <p>Aus dieser Kenntnis wurde der Schöpfwerksbetrieb praktisch seit Jahren eingestellt. Hier ist die abschließende Umsetzung einer Schöpfwerksaufgabe angezeigt.</p> <p>Zum einen sind die Pumpentechnik zu demontieren und ein Freiauslauf mit Rückschlagklappe herzustellen. Die Pumpe kann ggf. für eine Störreserve des WBV genutzt werden. Das Bauwerk ist für den Fledermausschutz zu erhalten. Dafür ist die Möglichkeit der Übertragung an einen Naturschutzbund zu prüfen.</p> <p>Andererseits ist die formelle Aufgabe festzusetzen.</p>	

8. Schöpfwerk Schwanenteich



Technische Daten:

Einzugsgebiet	64 ha
Anzahl der Pumpen	2
Förderhöhe, h_{man}	k. A.
Fördermenge je Pumpe/ Gesamt	90 / 180 m ³ /h
Pegel (EP: Einschaltpeil, AP: Ausschaltpeil)	
EP1	k. A.; 0,75 m ü. Schachtsohle
EP2	k. A.
AP	k. A.; 0,50 m ü. Schachtsohle
Hochwasserschaltung	-
Sommer- /Winterbetrieb	-
Freiauslauf	-
Hochwasserentlastung	ja
<i>Laufzeit pro Jahr (überschläglich)</i>	<i>64 %</i>
<i>Volumenanteil gepumpt/ Niederschlag</i>	<i>> 100 %</i>

8. Schöpfwerk Schwanenteich

Beschreibung:

Der Schwanenteich mit den angeschlossenen unbebauten Bereichen und Kleingartengebieten entwässerte ursprünglich im freien Gefälle über eine Rohrleitung in die Warnow. Durch weitere bauliche Entwicklung vergrößerten sich die Abflüsse, so dass im Jahr 1994 am Auslauf des Schwanenteiches das Schöpfwerk errichtet wurde.

Der Schwanenteich verfügt zusätzlich über eine Havarieentwässerung, die jedoch in eine Anlage des WWAV entwässern soll.

Grundsätzlich bildet der Schwanenteich einen großen Retentionsraum. Damit sind, wie auch durch die Starkregenereignisse 2011 bestätigt, kaum Schäden zu erwarten.

Es ist zu prüfen, ob und mit welchem Aufwand die Herstellung der freien Vorflut zu realisieren ist. Es ist dabei ein vergleichsweise hoher Entwässerungsbedarf zu erkennen.

Die überschlägige Gegenüberstellung der Pumpzeiten im Vergleich zu den durchschnittlichen Niederschlagsmengen deutet entweder auf einen signifikanten Grundwasserzufluss bzw. Fremdgebietszufluss oder fehlerhafte Aufzeichnungen hin. Hier wird auf das notwendige Monitoring verwiesen.

9. Schöpfwerk Stromgraben



Technische Daten:

Einzugsgebiet	4.722 ha
Anzahl der Pumpen	2
Förderhöhe, h_{man}	k. A.
Fördermenge je Pumpe/ Gesamt	2.500 / 5.000 m ³ /h
Pegel (EP: Einschaltpeil, AP: Ausschaltpeil)	
EP1	- 0,30 m HN
EP2	- 0,60 m HN
AP1	- 0,25 m HN
AP2	- 0,55 m HN
Hochwasserschaltung	
EP	- 0,20 m HN
AP	- 0,25 m HN
Sommer- /Winterbetrieb	beide Pumpen Sommer- und Winterbetrieb
Freiauslauf	-
Hochwasserentlastung	-
<i>Laufzeit pro Jahr (überschläglich)</i>	<i>k. A.</i>
<i>Volumenanteil gepumpt/ Niederschlag</i>	<i>k. A.</i>

9. Schöpfwerk Stromgraben

Beschreibung:

Der Schöpfwerksstandort befindet sich außerhalb des Stadtbereiches der Hansestadt Rostock. Es entwässert jedoch 70 % der Waldfläche der Rostocker Heide und wird daher der Vollständigkeit halber an dieser Stelle mit aufgeführt.

Bis etwa in die 20er Jahre des vergangenen Jahrhunderts entwässerte der Stromgraben noch frei in die Ostsee, bis mit dem Bau des Schöpfwerkes der Stromgraben aus dem Schwankungsbereich der Ostsee abgegrenzt wurde.

Damit war es der Gemeinde Graal-Müritz möglich, das Siedlungsgebiet erweitert zu bebauen, da bei Ostseesturmfluten nun ein Einstrom über den Stromgraben abgewehrt werden konnte.

Das Schöpfwerk Stromgraben ist ein klassisches Flussschöpfwerk, bei dem tatsächlich das gesamte Einzugsgebiet des Stromgrabens künstlich entwässert wird.

Aufgrund der Bedeutung des Schöpfwerkes für die Sicherstellung der Niederschlagsentwässerung für die Gemeinde Graal-Müritz sowie seine grundwasserregulierende Wirkung für die erheblich zugenommene Bebauung im Ortsteil Graal ist das Schöpfwerk Stromgraben unverzichtbar.