

Projektbericht

**Neubau Zentralklinikum Georgsheil
Wasserwirtschaftliche Untersuchungen
(Vorabzug)**

Auftraggeber

**Trägersgesellschaft Kliniken
Aurich-Emden-Norden mbH**

Essen, Juli 2021

Wir danken allen Beteiligten für die Hilfestellungen bei der Bearbeitung und die jederzeit freundliche und kooperative Zusammenarbeit.

Impressum

Verfasser	Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH Kaiser-Otto-Platz 13 45276 Essen +49 241 94689 0 mail@hydrotec.de www.hydrotec.de
Auftraggeber	Trägergesellschaft Kliniken Aurich-Emden-Norden mbH
Projektbetreuung	LandschaftsArchitekturbüro Georg von Luckwald, Herr von Luckwald
Autoren	Dipl.-Ing. Heike Schröder Sarah Jaskulski, M.Sc. Dipl.-Ing. Johannes Rohde Dipl.-Ing. Martin Dornseifer
Stand	Juli 2021
Projektnummer	P2504

© 2021 Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH

Jegliche anderweitige, auch auszugsweise, Verwertung des Berichtes, der Anlagen und ggf. mitgelieferter Projekt-Datenträger außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Auftraggebers unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Die Vervielfältigung von Teilen des Werkes ist nur zulässig, wenn die Quelle genannt wird.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Anlagenverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation.....	1
1.2 Aufgabenstellung	1
2 Festlegung des Untersuchungsraums	3
3 Entwässerungskonzept	5
3.1 Planzustand 1 und 1a.....	5
3.2 Planzustand 2, 2a und 2b.....	6
4 Ermittlung der Belastungsabflüsse	8
4.1 Bemessungsabfluss Gewässer (HQ100).....	8
4.1.1 Uthwerdumer Vorfluter.....	9
4.1.1.1 Bestand.....	9
4.1.1.2 Planung.....	10
4.1.2 Meedekanal.....	12
4.1.2.1 Bestand.....	12
4.1.2.2 Planung.....	14
4.1.3 Durchlass K113, Forlitzer Straße	15
4.2 Starkregen	17
5 Gewässerplanung	20
5.1 Betroffene Gewässerabschnitte	20
5.1.1 Uthwerdumer Vorfluter (Gewässer 2. Ordnung, Gewässernummer 392).....	22
5.1.2 Uthwerdumer Äckerschloot (Gewässer 2. Ordnung, Gewässernummer 391)	23
5.1.3 Meedekanal (Gewässer 2. Ordnung, Gewässernummer 232).....	24
5.2 Bemessung der Querprofile.....	25
5.3 Kostenschätzung.....	26
6 Hydraulisches Modell	29
6.1 Hydraulisches 2D-Modell	29
6.2 Modellerstellung.....	29
6.2.1 Bestand (Istzustand).....	29
6.2.2 Planung (Planzustände).....	32

6.3	Modellanwendung	33
7	Modellergebnisse HQ100	35
7.1.1	Istzustand	35
7.1.1.1	Uthwerdumer Vorfluter	35
7.1.1.2	Meedekanal.....	36
7.1.2	Planzustand 1	37
7.1.2.1	Uthwerdumer Vorfluter	37
7.1.2.2	Meedekanal.....	39
7.1.3	Planzustand 1a.....	39
7.1.3.1	Uthwerdumer Vorfluter	39
7.1.3.2	Meedekanal.....	42
7.1.4	Planzustand 2.....	42
7.1.4.1	Uthwerdumer Vorfluter	42
7.1.4.2	Meedekanal.....	44
7.1.5	Planzustand 2a.....	45
7.1.5.1	Uthwerdumer Vorfluter	45
7.1.5.2	Meedekanal.....	45
7.1.6	Planzustand 2b.....	46
7.1.6.1	Uthwerdumer Vorfluter	47
7.1.6.2	Meedekanal.....	47
8	Starkregensimulation	49
8.1	Simulationsergebnisse Istzustand	49
8.2	Simulationsergebnisse Planzustand.....	49
9	Zusammenfassung	51
10	Literatur und verwendete Datengrundlage	54

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Untersuchungsgebiet mit Hauptgewässern und dem Planungsgebiet des Zentralklinikums (Hintergrund: © OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA).....	4
Abbildung 3-1:	Entwässerungskonzept Planzustand 1.....	6
Abbildung 3-2:	Entwässerungskonzept Planzustand 2.....	7
Abbildung 4-1:	Hydrologische Landschaft Friesische Geest aus „Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen“, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 2003.....	8
Abbildung 4-2:	Teileinzugsgebiete Uthwerdumer Vorfluter.....	9
Abbildung 4-3:	HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Istzustand.....	10
Abbildung 4-4:	HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 1.....	11
Abbildung 4-5:	HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 2.....	12
Abbildung 4-6:	Teileinzugsgebiete Meedekanal, Istzustand.....	13
Abbildung 4-7:	HQ100-Zuflüsse zum Meedekanal, Istzustand.....	14
Abbildung 4-8:	HQ100-Zuflüsse zum Meedekanal, Planzustände 2, 2a und 2b.....	15
Abbildung 4-9:	Leistungsfähigkeitsbetrachtung Durchlass unter der K113: Prüfung des Rückstaus anhand der Wasserspiegeldifferenz von Ober- und Unterwasser.....	16
Abbildung 4-10:	Leistungsfähigkeitsbetrachtung Durchlass unter der K113: Beginn der Ausuferung im Oberwasser.....	16
Abbildung 4-11:	Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2010R.....	18
Abbildung 4-12:	Beispielhaft Darstellung der Fließwege aus einer Starkregensimulation..	19
Abbildung 5-1:	Gewässerverläufe im Planungsgebiet, Uthwerdumer Vorfluter (392), Uthwerdumer Äckerschloot (391), Brandendenschloot (43) und Meedekanal (Ausschnitt der Gewässerkarte Erster Entwässerungsverband Emden, Januar 2014).....	20
Abbildung 5-2:	Betroffene Gewässer im Planungsraum.....	21
Abbildung 5-3:	Für die Planung vorgesehenen Bereiche der umverlegten Gewässer.....	22
Abbildung 5-4:	Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter, Verlauf alle Planzustände.....	23
Abbildung 5-5:	Maßnahmen am Uthwerdumer Äckerschloot.....	24
Abbildung 5-6:	Maßnahmen am Meedekanal und Überleitung aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters.....	25
Abbildung 6-1:	Abbildung von Gebäude im Berechnungsnetz im Bereich vor der Mündung des Uthwerdumer Vorfluters vor der Mündung in den Abelitz-Moordorf-Kanal (3D-Schrägsicht mit Blick von Osten Richtung Westen).....	30
Abbildung 6-2:	Berücksichtigung der vermessenen Gräben und Bauwerke (hier Uthwerdumer Vorfluter) im Berechnungsnetz in der 3D-Schrägsicht...	30
Abbildung 6-3:	Berücksichtigung des nicht vermessenen Bereichs des Meedekanals anhand von Bruchkanten im Berechnungsnetz in der 3D-Schrägsicht (links: Unterlauf, rechts: Oberlauf).....	31
Abbildung 6-4:	Darstellung des Planzustands 1 des Modells Uthwerdumer Vorfluter in der 3D-Schrägsicht.....	33
Abbildung 7-1:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Istzustand – Hydraulische Berechnung HQ100.....	35
Abbildung 7-2:	Wassertiefen Meedekanal Bestand – Hydraulische Berechnung HQ100	36

Abbildung 7-3:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100	37
Abbildung 7-4:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 - Bereich K115	38
Abbildung 7-5:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 - oberhalb ZKG Gelände	39
Abbildung 7-6:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100	40
Abbildung 7-7:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 - Bereich K115	41
Abbildung 7-8:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 - oberhalb ZKG Gelände	41
Abbildung 7-9:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100	42
Abbildung 7-10:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 - Bereich K115	43
Abbildung 7-11:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 - oberhalb ZKG Gelände	44
Abbildung 7-12:	Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100	45
Abbildung 7-13:	Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2a – Hydraulische Berechnung HQ100	46
Abbildung 7-14:	Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2b – Hydraulische Berechnung HQ100	48
Abbildung 9-1:	Bewertungsmatrix für die untersuchten Planzustände	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1:	HQ100-Abfluss im Uthwerdumer Vorfluter	10
Tabelle 4-2:	HQ100-Abfluss im Meedekanal, Istzustand.....	13
Tabelle 4-3:	Ergebnisse aus der NASIM-Simulation Uthwerdumer Vorfluter zur Ermittlung eines maßgeblichen Starkregeneignisses für die Dauerstufen D = 1 h und D = 72 h.....	19
Tabelle 5-1:	Kostenschätzung Planzustand 1	27
Tabelle 5-2:	Kostenschätzung Planzustand 1a	27
Tabelle 5-3:	Kostenschätzung Planzustand 2a	28
Tabelle 5-4:	Kostenschätzung Planzustand 2b	28
Tabelle 6-1:	Materialien bzw. Nutzungen und zugehörige Rauheitsbeiwerte in den Modellen	32

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Längsschnitt Uthwerdumer Vorfluter Ist- und Planzustand 1, 1a und 2
Anlage 2:	Längsschnitt Meedekanal Ist- und Planzustand 2a und 2b
Anlage 3:	Querprofile Uthwerdumer Vorfluter, Graben 1 und Meedekanal Planzustand 1 und 2
Anlage 4:	Querprofile Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a
Anlage 5:	Maximale Wassertiefen Starkregensimulation Istzustand
Anlage 6:	Maximale Wassertiefen Starkregensimulation Planzustand 1
Anlage 7:	Maximale Wassertiefen Starkregensimulation Planzustand 2
Anlage 8:	Wassertiefendifferenzen Starkregensimulation Planzustand 1 - Istzustand
Anlage 9:	Wassertiefendifferenzen Starkregensimulation Planzustand 2 - Istzustand

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Der Landkreis (LK) Aurich und die kreisfreie Stadt Emden planen über ihre gemeinsame Trägergesellschaft Kliniken Aurich-Emden-Norden mbH die drei bisherigen Krankenhausstandorte in Aurich, Emden und Norden räumlich zentral zu einer Klinik (Zentralklinikum Georgsheil, ZKG) zusammenzulegen. Das Planungsgebiet liegt in der Region Ostfriesland in der Nähe der Ortschaft Georgsheil, in der Gemarkung Uthwerdum, einem Ortsteil der Gemeinde Südbrookmerland.

Zur verkehrlichen Erschließung des Klinikgeländes soll der derzeit höhengleiche Bahnübergang an der Uthwerdumer Straße durch ein Brückenbauwerk ersetzt werden, das Bahnstrecke und Bundesstraße etwas weiter östlich überspannt und die beiden Kreisstraßen verbindet.

Das gesamte Plangelände umfasst ca. 55 ha und gehört zum Verbandsgebiet des Ersten Entwässerungsverbands Emden (EVE). Die aktuelle Nutzung ist Acker- und Grünland. Das Gelände liegt überwiegend im Bereich von ± 0 bis +1 m ü. NHN, es ist von Entwässerungsgräben (u. a. Uthwerdumer Vorfluter und Uthwerdumer Äckerschloot) durchzogen. Das Gefälle im Gelände und den Gewässern ist sehr gering, in den Geländesenken sammelt sich regelmäßig Wasser und die Fließgeschwindigkeiten in den Gewässern ist sehr klein (träges System). Da das gesamte Verbandsgebiet des EVE über die (Haupt)Siel- und Schöpfwerke Knock und Greetsiel entwässert wird, ist eine deutliche Beeinflussung der Entwässerung durch den Unterwasserstand bzw. Rückstau gegeben. Zusätzlich ist die Entwässerung aufgrund der geringen Geländehöhen von hohen Grundwasserständen beeinflusst.

Bahnstrecke und Bundesstraße verlaufen in Dammlage auf einer Höhe von ca. 1,5 m ü. NHN. Für die Untersuchungen wurde ein detailliertes Geländeaufmaß erstellt und übergeben.

Südlich der Bundesstraße befindet sich das Unterschöpfwerksgebiet (USWG) „Victorburer Meede“, das über den Meedekanal und das Hauptunterschöpfwerk Victorburer Meede (HUSW 19) entwässert wird. Das Schöpfwerk verfügt über drei Pumpen mit einer maximalen Leistungsfähigkeit von insgesamt bis zu 3.000 Liter pro Sekunde.

Der Uthwerdumer Vorfluter stellt im Planungsgebiet die zentrale Entwässerung (nach Westen) zum Abelitz-Moordorf-Kanal sicher.

Zur Umsetzung des Vorhabens müssen der Uthwerdumer Vorfluter verlegt sowie weitere Gewässer angepasst werden. Die Regenwasserableitung der neuen Bauflächen ist unter Berücksichtigung eines erforderlichen Retentionsraums herzustellen.

Die Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH hat die wasserwirtschaftlichen Untersuchungen hinsichtlich der Abflusssituation in den Gewässern durchgeführt.

1.2 Aufgabenstellung

Die wasserwirtschaftliche Untersuchung zu dem genannten Vorhaben sollte folgende Leistungen beinhalten:

- Fachtechnische Überprüfung der Bestandssituation mit folgenden Inhalten:
 - Überprüfung der vorliegenden Grundlagendaten auf Vollständigkeit und Plausibilität
 - Festlegung des Planungsraums bzw. des zu betrachtenden Einzugsgebiets
 - Erstellung eines hydraulischen Modells
 - Ermittlung des maßgeblichen HQ100 für den Istzustand
 - Berechnung der Wasserspiegellagen und zugehöriger HQ100-Überflutungsflächen für den Istzustand

- Planung der Gewässerumverlegung mit folgenden Inhalten:
 - Verlegung des Uthwerdumer Vorfluters nach Norden unter Berücksichtigung der vorliegenden Planungen anderer fachlich Beteiligter
 - Bemessung der erforderlichen Profilgeometrie
 - Anpassung des Verlaufs des Uthwerdumer Äckerschloot und weiterer Entwässerungsgräben nach Planungsvorgaben Dritter
 - Optionale Erstellung eines Entwässerungsgrabens Richtung Meedekanal und Umverlegung des Meedekanal im Zuge des Straßenbaus.
 - Abbildung der entwickelten Maßnahmen im hydraulischen Modell und Nachweis der Hochwasserunschädlichkeit zu Ober- und Unterlieger
- Gesamtbetrachtung des Entwässerungskonzeptes:
 - Auf Grundlage des hydraulischen Bestandsmodells wurden unter Berücksichtigung der vorliegenden Planungen anderer fachlich Beteiligter zwei Planzustände für die Entwässerung erstellt und nachgewiesen.
 - Ermittlung des maßgeblichen HQ100 für den Planzustand
 - Berechnung der Wasserspiegellagen und zugehöriger HQ100-Überflutungsflächen für den Planzustand
- Kostenschätzung
 - Erstellung einer Kostenschätzung für die o.g. Planungsvarianten

Durch das geplante ZKG wird sich neben den Änderungen der Gewässerverläufe im Planungsraum sowie den geplanten Einleitungsabflüssen in die Gewässer auch das Gelände und deren Nutzung deutlich verändern. Die aktuell landwirtschaftlichen Flächen werden zukünftig durch Gebäude, Straßen, Parkplatzflächen und Parkflächen genutzt. Durch die Erstellung einer Warft mit ca. 1,8 m Höhe wird auch die Topografie deutlich verändert.

Dies kann sich bei Starkregen auf das unmittelbare Umfeld auswirken. Starkregen können Überflutungsereignisse auslösen, die durch eine Überlastung der Aufnahmekapazität des Bodens auftreten. Das Wasser fließt nicht durch die Gewässer, sondern oberflächlich zum nächsten Tiefpunkt im Gelände.

Um die Situation zu prüfen, wurde zusätzlich zu den o.g. Untersuchungen ein Starkregenerereignis für das direkte Umfeld des Plangebietes simuliert. Die Ergebnisse sind nicht Bestandteil des Entwässerungskonzeptes, sondern liefern eine Grundlage zur laufenden Freiraumplanung.

2 Festlegung des Untersuchungsraums

Für die Abbildung des Systems in einem hydraulischen Modell musste zuerst das relevante, abzubildende Einzugsgebiet ermittelt werden.

Unter Berücksichtigung folgender Grundlagendaten wurde der relevante Planungsraum abgegrenzt (Quellenangaben siehe auch Kapitel 10):

- Gewässerkarte (EVE, Januar 2014)
- Teilgebietsgrenze des Einzugsgebiets Meedekanal bzw. HUSW Victorburer Meede und Uthwerdumer Vorfluter (EVE, Gemeinde Südbrookmer Land)
- Digitales Geländemodell 1x1m (DGM1, EVE)
- Hochaufgelöste Ortho-Luftbilder aus einer Drohnenbefliegung (Kaupa & Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Februar 2021)
- Geländevermessung Plangebiet ZKG und zu den Hauptgewässern im Einzugsgebiet Uthwerdumer Vorfluter (Kaupa & Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Januar 2021)
- Fotodokumentation Plangebiet ZKG (LandschaftsArchitekturbüro Georg von Luckwald, Februar 2021)
- Auszug aus dem Durchlassverzeichnis (Landkreis Aurich, Amt für Straßen, Wasserwirtschaft und Deiche, März 2021)
- Entwurf zum Ausbau der Entwässerung im Gebiet Uthwerdum (EVE, August 1961)
- Ausschnitt aus dem digitalen Lagerbuch (Profilinformationen Gräben und Bauwerke, EVE)

Zusätzlich wurden die Daten über eine Begehung validiert.

Die nachfolgende Abbildung 2-1 zeigt den Untersuchungsraum. Zur Abbildung des Gewässersystems wurden die Hauptabflusswege identifiziert und im hydraulischen Modell entsprechend abgebildet.

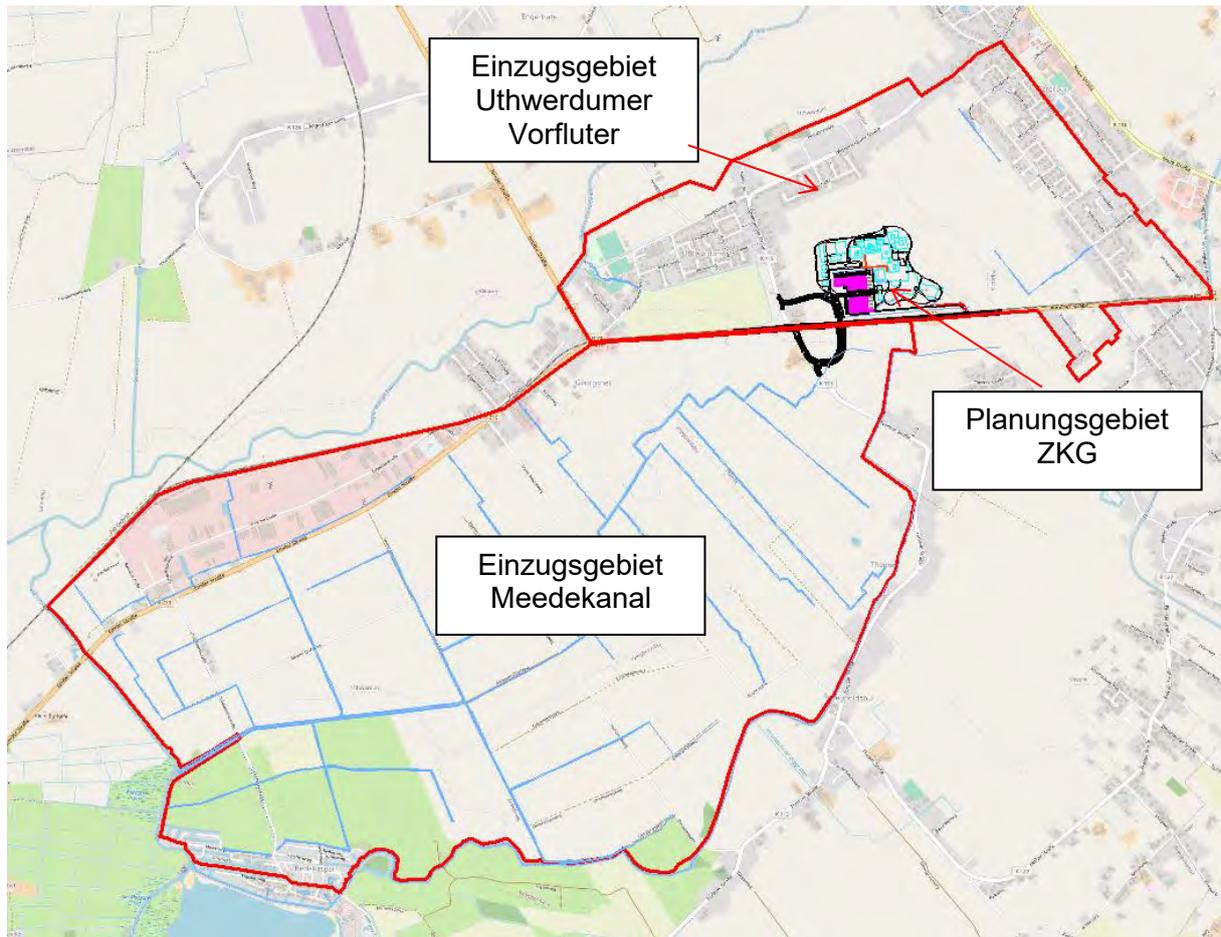


Abbildung 2-1: Untersuchungsgebiet mit Hauptgewässern und dem Planungsgebiet des Zentralklinikums (Hintergrund: © OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA)

Der gesamte Untersuchungsraum ist ca. 13,0 km² groß (Uthwerdumer Vorfluter ca. 3,1 km², Meedekanal ca. 9,6 km²). Die Fließlänge der abgebildeten Hauptgewässer beträgt ca. 40 km. Die Abflussrichtung im Einzugsgebiet verläuft von Ost nach West.

3 Entwässerungskonzept

Für das geplante Klinikgelände wurde die grundsätzliche Konzeption der Niederschlagsentwässerung durch das Ingenieurbüro für Straßen und Tiefbau (IST) zur Verfügung gestellt.

Der anfallende Regenabfluss auf dem Klinikgelände soll gedrosselt über ein Regenrückhaltebecken (RRB) in den Uthwerdumer Vorfluter eingeleitet werden. Aus der Vorbemessung (gemäß Vorgabe des Landkreises Aurich für HQ10 zzgl. 15% Klimazuschlag) wurden für das RRB ein Drosselabfluss von 60 l/s und ein Volumen von 4.135 m³ ermittelt (IST, Mai 2021).

Durch die Maßnahmen im Gelände (Erstellung einer Warft von 1,80 m Höhe) und der zukünftigen Versiegelung durch Gebäude und Verkehrsflächen wird eine deutliche Erhöhung des Gebietsabflusses erwartet. Da die vorhandenen Gewässer im Planungsgebiet umverlegt werden müssen und sich die Entwässerungssituation dadurch maßgeblich verändert, wurden zwei Entwässerungsvarianten für die Ableitung der bei Hochwasser auftretenden Abflüsse geprüft.

3.1 Planzustand 1 und 1a

In der Entwässerungsvariante Planzustand 1 bleibt der Gesamtabfluss aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters inkl. der zukünftigen Abflüsse aus dem Klinikgelände im Uthwerdumer Vorfluter und wird über diesen Richtung Abelitz-Moordorf-Kanal abgeleitet.

Der Drosselabfluss und der Notüberlauf aus dem geplanten RRB werden in den umverlegten Uthwerdumer Vorfluter eingeleitet. Das Wasser wird über den neuen Graben nördlich um das Plangelände herumgeführt und mündet vor der Querung der K115 in den ursprünglichen Uthwerdumer Vorfluter. Der Uthwerdumer Äckerschloot wird auf das Klinikgelände verlegt, nimmt einen Großteil der dort anfallenden Abflüsse auf und leitet diese dem RRB zu.

Die Entwässerung der Flächen vom südwestlich benachbarten Reiterhof werden entsprechend der heutigen Situation nach Norden Richtung Uthwerdumer Vorfluter abgeleitet. Die neue Zufahrtsstraße wird mit einem Durchlass (DN600) gequert. Der Entwässerungsgraben der Bahn bleibt in der Lage unverändert, die Fließrichtung wird Richtung Westen gekehrt und über den Graben am Reiterhof mit abgeleitet. Alternativ ist auch eine Entwässerung des Bahngrabens Richtung Osten über den Uthwerdumer Vorfluter denkbar (wie im Bestand). Dies würde zunächst eine Entlastung der Entwässerungssituation des Reiterhofs bedeuten, führt jedoch zu einer Mehrbelastung des Uthwerdumer Vorfluters in der Verlegungsstrecke und im Zuflussbereich aus dem Gebiet „Nasses Dreieck“. Bei hohen Wasserständen könnte es auch zu Rückstau aus diesen Bereichen Richtung Reiterhof kommen. Dies ist in der weiteren Planung zu prüfen.

Eine Verbindung zum Einzugsgebiet des Meedekanals ist in dieser Variante nicht vorgesehen. Die Abbildung 3-1 zeigt schematisch die Entwässerungssituation für den Planzustand 1. Beschreibungen zu den Abflüssen und den Gewässerplanungen sind in Kapitel 4 und 5 ausgeführt.

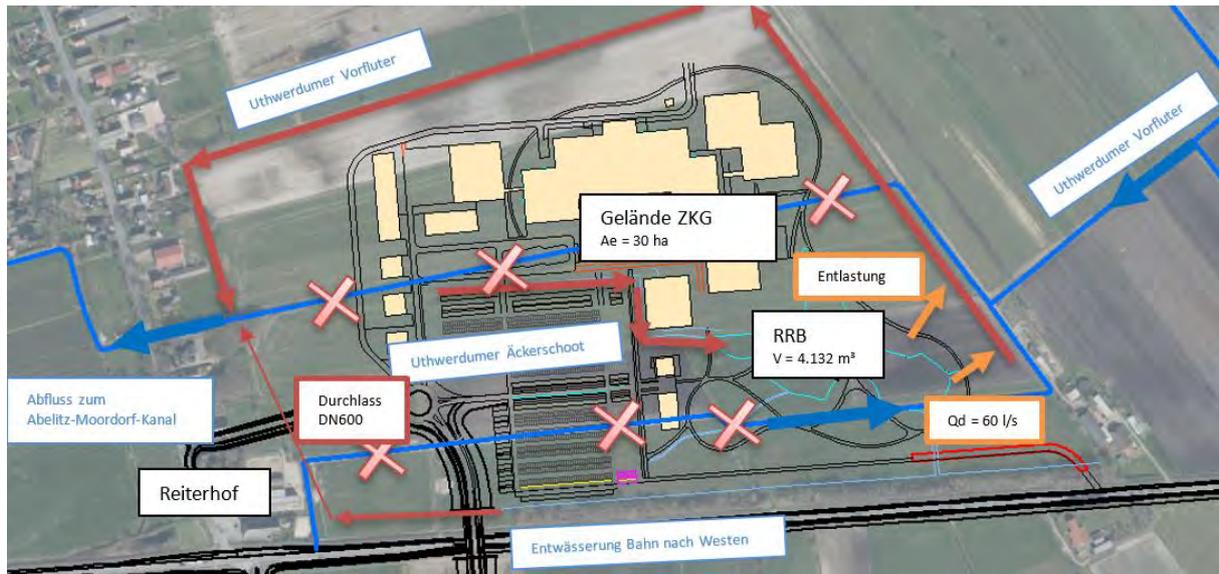


Abbildung 3-1: Entwässerungskonzept Planzustand 1

Der Planzustand 1a beinhaltet eine Variante der Profilgeometrie für den Uthwerdumer Vorfluter in dem nach Norden verlegten Bereich. Das Entwässerungskonzept ist gleich dem Planzustand 1.

3.2 Planzustand 2, 2a und 2b

Die Überprüfung der Hochwassersituation im heutigen Uthwerdumer Vorfluter zeigt eine Überlastung des bestehenden Gewässersystems (siehe Kapitel 7.1.1.1) im Bereich des Planungsraums. Im Zuflussbereich zum Planungsraum ist die Abflusskapazität des Uthwerdumer Vorfluters vollständig ausgeschöpft. Eine Verschlechterung der Situation würde sich daher nachteilig auf die Entwässerung des östlich gelegenen „Nassen Dreieck“ auswirken.

Aus diesem Grund ist in der Entwässerungsvariante Planzustand 2 eine Überleitung von Teilabflüssen aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters zum Meedekanal vorgesehen. Die Hochwasserabflüsse im Uthwerdumer Vorfluter würde dadurch reduziert und dieser dadurch entlastet. Durch die Überleitung wäre die Sicherheit der Entwässerung für die östlich gelegene Bebauung erhöht. Zusätzlich würde durch den 2. Entwässerungsweg (neben dem Durchlass unter der Kreisstraße K115) die Gefahr einer Havarie durch eine Störung am Durchlass oder im Uthwerdumer Vorfluter (z.B. durch Böschungsabbruch oder Verkläusung) verringert.

Der Drosselabfluss aus dem geplanten RRB wird wie im Planzustand 1 in den umverlegten Uthwerdumer Vorfluter eingeleitet. Der Notüberlauf in Planzustand 2 wird jedoch über einen neu zu erstellendem Graben (Graben 1) parallel zur B72/B210 zum Bereich der neu zu erstellenden Brücke geführt und dort unter der Bahn und der B72/B210 über einen Durchlass Richtung Meedekanal geführt. Die endgültige Dimensionierung des Durchlasses ist noch nicht festgelegt, in den Nachweisrechnungen wurde vorerst von einem DN1200 ausgegangen. Mit diesem Durchlass könnte der Entlastungsabfluss aus dem RRB ungedrosselt zum Meedekanal abgeleitet werden. Aus den Nachweisrechnungen für diesen Planzustand hat sich gezeigt, dass die nachfolgenden Durchlässe im Meedekanal unter der Kreisstraße K113 und einer landwirtschaftlichen Überfahrt vergrößert werden müssten (Planzustand 2a, siehe Kapitel 7.1.5).

In dem Planzustand 2b würde der Entlastungsabfluss aus dem RRB gedrosselt zum Meedekanal abgeleitet. In diesem Fall würde für den Durchlass zur Überleitung unter der Bahn und der B72/B210 ein DN700 ausreichen. Der Durchlass unter der K113 im Meedekanal könnte

mit dem jetzigen Profil (DN700) bestehen bleiben; die westlich der Kreisstraße gelegene landwirtschaftliche Überfahrt würde von DN600 auf DN800 vergrößert.

Beschreibungen für die Ermittlung der Bemessungsabflüsse und den Gewässerplanungen sind in Kapitel 4 und 5 ausgeführt.

Der Uthwerdumer Äckerschloot wird, wie in Planvariante 1 auf das Klinikgelände verlegt, nimmt einen Großteil der dort anfallenden Abflüsse auf und leitet diese dem RRB zu.

Die Entwässerung der Flächen vom Reiterhof werden Richtung Südosten an den neu zu erstellendem Durchlass zum Meedekanal angeschlossen. Der Entwässerungsgraben der Bahn bleibt in der Lage unverändert, die Fließrichtung wird Richtung Westen gekehrt und entwässert in dieser Variante ebenfalls über den neuen Durchlass Richtung Meedekanal.

Die Abbildung 3-2 zeigt schematisch die Entwässerungssituation für den Planzustand 2.

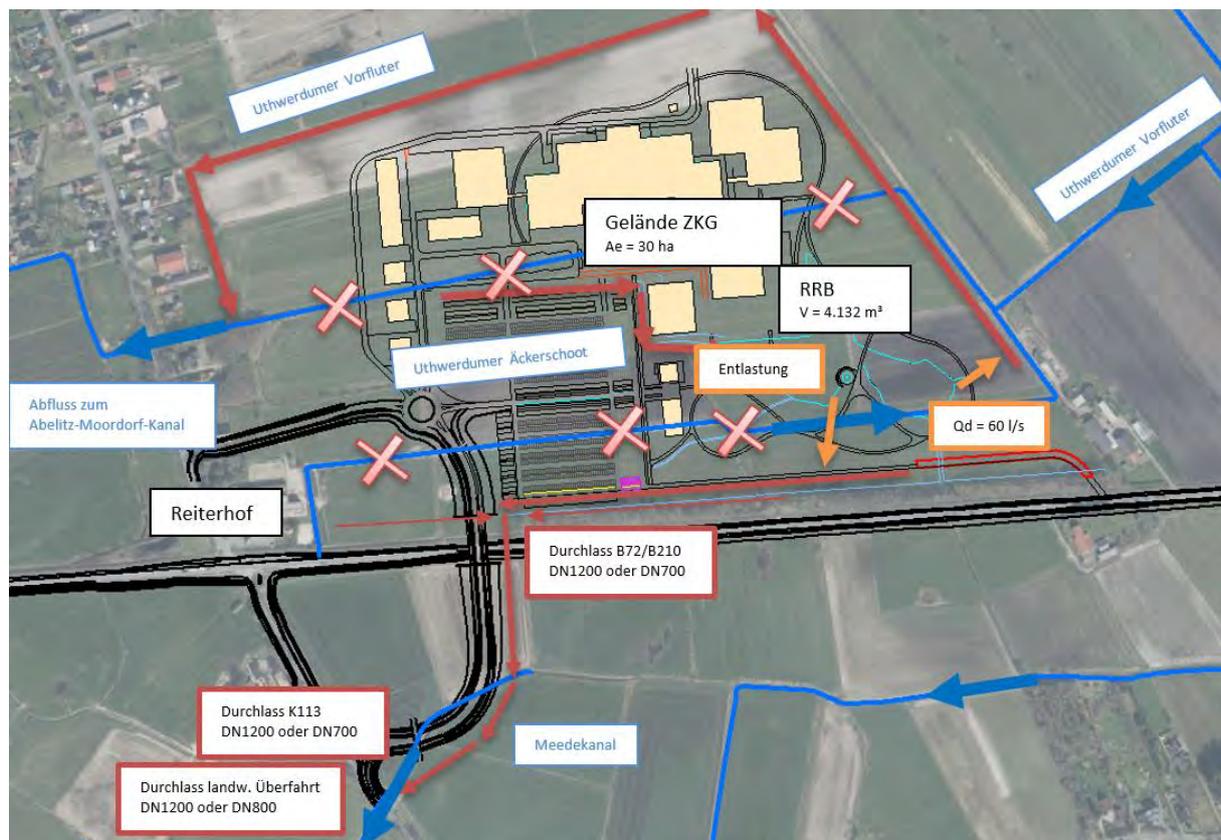


Abbildung 3-2: Entwässerungskonzept Planzustand 2

4 Ermittlung der Belastungsabflüsse

4.1 Bemessungsabfluss Gewässer (HQ100)

Der Landkreis Aurich nimmt in seiner Funktion als Untere Wasserbehörde die Aufgaben nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und dem Niedersächsischen Wassergesetz (NWG) wahr. Entsprechend der Vorgaben hat der Landkreis den Bemessungsabfluss für den Nachweis des schadensfreien Abflusses der Gewässer auf ein HQ100 festgelegt. Ein HQ100 bezeichnet einen Hochwasserabfluss, der im statistischen Mittel einmal in 100 Jahren erreicht oder überschritten wird.

Im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Untersuchungen wurden die Verhältnisse für Bestand und Planung im HQ100-Fall bewertet und nachgewiesen.

Die für die Ermittlung der Abflussverhältnisse im Uthwerdumer Vorfluter und im Meedekanal zu verwendenden Abflüssen (HQ100) wurde nach Vorgabe des Landkreises Aurich entsprechend dem vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie im Jahr 2003 veröffentlichten Gutachten „Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen, Abflüsse in Hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze“ ermittelt.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich am westlichen Rand der hydrologischen Landschaft „Friesische Geest“ (siehe Abbildung 4-1).

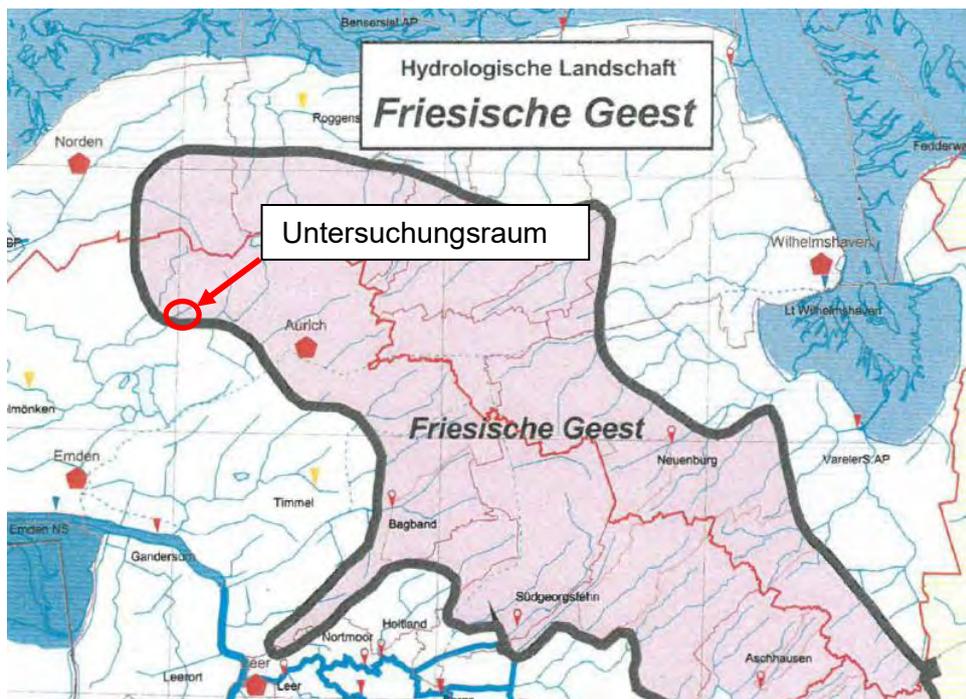


Abbildung 4-1: Hydrologische Landschaft Friesische Geest aus „Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen“, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 2003

Für die hydrologische Landschaft „Friesische Geest“ errechnet sich die Abflussspende Hq100 mit folgender Formel:

$$Hq100 = 437,21 * Ae^{-0,2121} I/(s*km^2)$$

Diese wurde für die Berechnung der Bemessungsabflüsse in den Gewässern herangezogen.

4.1.1 Uthwerdumer Vorfluter

4.1.1.1 Bestand

Das Einzugsgebiet Ae des Uthwerdumer Vorfluters beträgt 305,82 ha. Entsprechend der o.g. Formel für die friesische Geest ergibt sich eine Abflussspende für das HQ100 von:

$$\mathbf{Hq100 = 437,21 * 3,0582^{-0,2121} = 344,92 \text{ l/(s*km}^2\text{)} = 3,45 \text{ l/(s*ha)}}$$

Im Bereich des geplanten ZKG-Geländes und der erforderlichen Gewässerumverlegung beträgt das Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters 226,26 ha (siehe Abbildung 4-2, TEZG 1, 2 und 4). Daraus ermittelt sich eine Abflussspende von $Hq100 = 3,68 \text{ l/(s*ha)}$.

Ein Ergebnis des im Rahmen des BMU-geförderten Forschungsprojektes KLEVER – Klimaoptimiertes Entwässerungsmanagement im Verbandsgebiet Emden (Oldenburg, Oktober 2018) war, dass aufgrund des Klimawandels mit einem Anstieg des Niederschlages und somit auch mit einem Anstieg der Abflussspenden von ca. 20 % zu rechnen ist.

Daher wurde auf die ermittelte Abflussspende ein Klimazuschlag von 20 % addiert. Für den direkten Planungsraum (TEZG 1, 2, 4) ergibt sich somit eine maßgebliche Abflussspende von:

$$\mathbf{Hq100 = 3,68 + 0,73 = 4,41 \text{ l/(s*ha)}}$$

Für das Gesamteinzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters berechnet sich die maßgebliche Abflussspende zu:

$$\mathbf{Hq100 = 3,45 + 0,69 = 4,14 \text{ l/(s*ha)}}$$

Für die Belastung des hydraulischen Modells wurde das Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters in fünf Teileinzugsgebiete unterteilt (siehe Abbildung 4-2) und für jedes der zugehörige HQ100-Abfluss berechnet (siehe Tabelle 4-1).

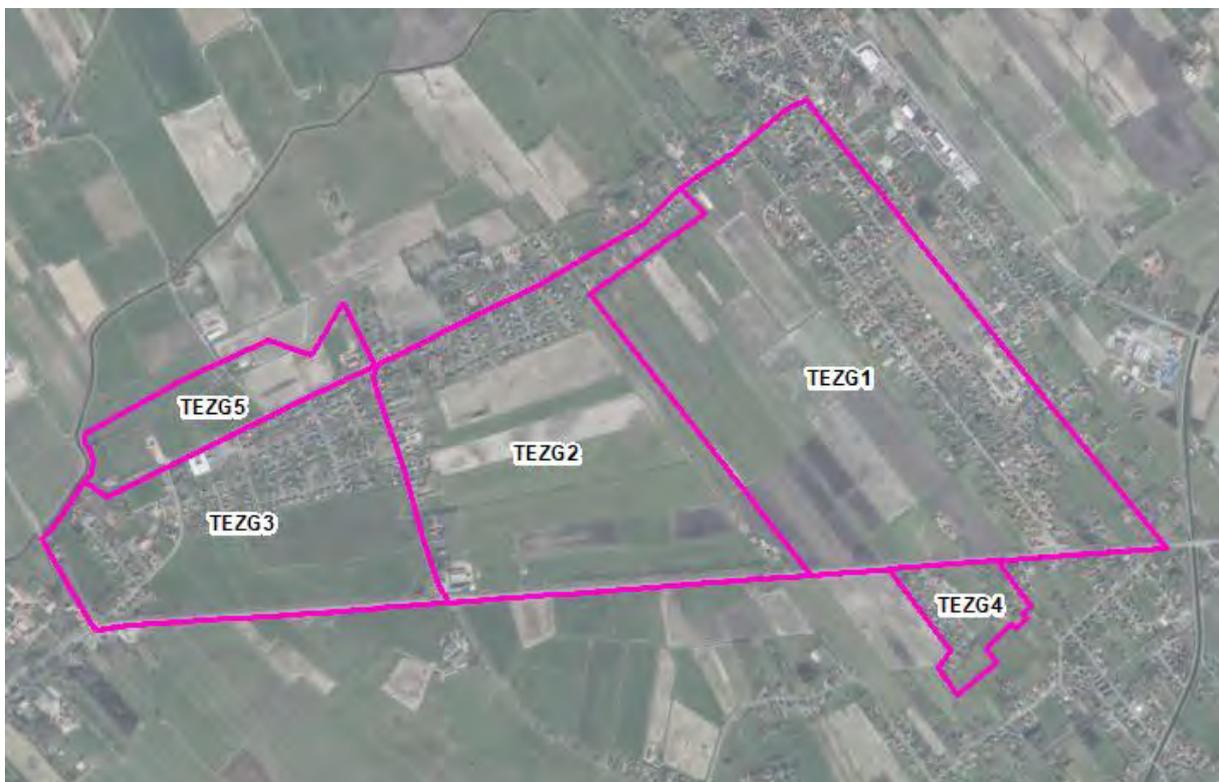


Abbildung 4-2: Teileinzugsgebiete Uthwerdumer Vorfluter

Tabelle 4-1: HQ100-Abfluss im Uthwerdumer Vorfluter

	Hq100 in l/(s*ha)	Ae in ha	HQ100 in l/s
TEZG1	4,41	130,3	575
TEZG2	4,41	86,7	383
TEZG3	4,14	61,1	253
TEZG4	4,41	9,2	41
TEZG5	4,14	18,5	77
SUMME		305,8	1.329

Für die Belastung des hydraulischen Modells wurden die ermittelten Zuflüsse oberhalb des jeweiligen Teileinzugsgebietes in die Hauptgewässer eingeleitet. Dies entspricht dem „worst-case“-Ansatz für die Belastung, da die Gräben über die gesamte Gewässerstrecke im betroffenen Teilgebiet den maximalen Abfluss führen.

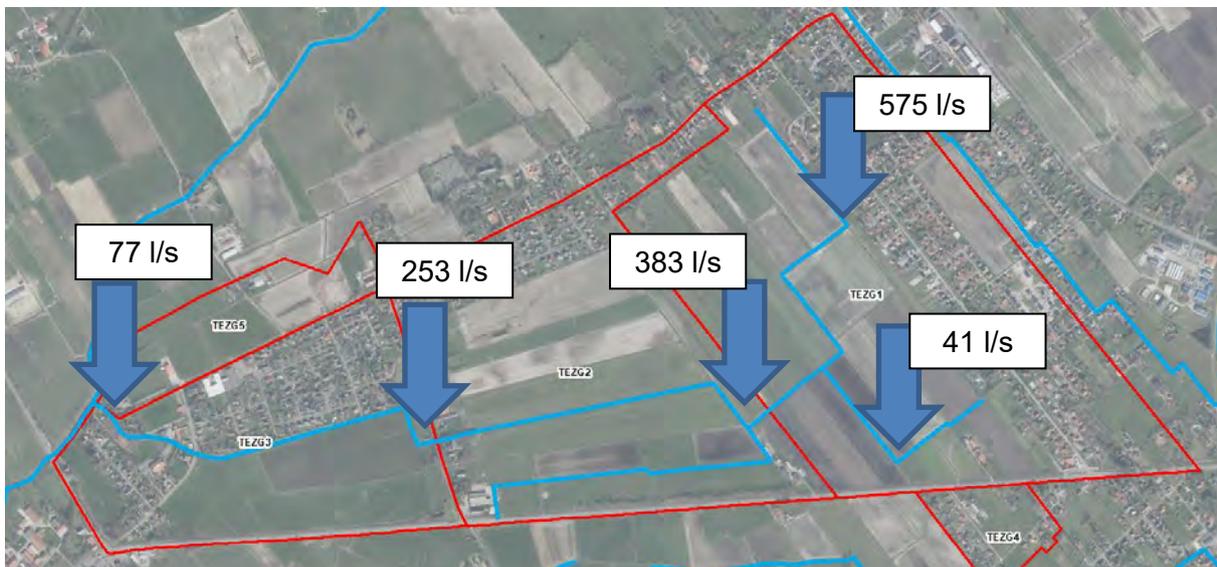


Abbildung 4-3: HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Istzustand

4.1.1.2 Planung

Das Einzugsgebiet Ae des Uthwerdumer Vorfluters verändert sich im Planzustand nicht, daher bleiben die Belastungsdaten mit den ermittelten Abflussspenden von 4,41 l/(s*ha) und 4,14 l/(s*ha) gleich dem Istzustand.

Im Planzustand ist für die Entwässerung der befestigten Flächen zur Drosselung der Einleitungsmengen ein Regenrückhaltebecken (RRB) vorgesehen. Die Vordimensionierung zum aktuellen Stand der Planung hat einen Drosselabfluss von 60 l/s und ein Retentionsvolumen von 4.132 m³ ergeben (IST, Mai 2021).

Durch die Berücksichtigung des RRBs verändern sich die Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter für den Planzustand im Bereich der geplanten Umverlegung. Die an das RRB angeschlossene Fläche von ca. 30 ha wird aus dem Teileinzugsgebiet TEZG2 herausgerechnet und über den Drosselabfluss von 60 l/s abgebildet. Mit der ermittelten Abflussspende für das HQ100 von 4,41 l/(s*ha) ergibt sich eine Gesamtabfluss für die an das RRB angeschlossene Fläche von $HQ100 = 4,41 \text{ l/(s*ha)} \times 30 \text{ ha} = 132,3 \text{ l/s}$.

Durch die Drossel werden 60 l/s an das Gewässer abgegeben, d.h. 72,3 l/s ($132,3 \text{ l/s} - 60 \text{ l/s} = 72,3 \text{ l/s}$) laufen über die RRB-Entlastung über oder werden im RRB zurückgehalten (wenn es noch nicht gefüllt ist). Für die Prüfung, ob das geplante RRB-Volumen von 4.132 m³ für die Rückhaltung ausreicht, ist neben dem Abflussscheitel (72,3 l/s) auch die Dauer des

Niederschlags relevant. Nach den Niederschlagsdaten aus KOSTRA-DWD 2010R liegt die Dauerstufe für ein 100-jährliches Niederschlagsereignis mit einer Spende von $4,41 \text{ l/(s*ha)}$ bei 48 Stunden (siehe Abbildung 4-11).

Daraus ergibt sich ein Abflussvolumen von 12.435 m^3 :

$$72,3 \text{ l/s} * 48 \text{ h (172.000 sec)} = 12.435.600 \text{ l} = 12.435 \text{ m}^3$$

12.435 m^3 müssten in dem RRB zurückgehalten werden, wenn der Drosselabfluss von 60 l/s nicht überschritten werden soll. Das aktuell geplante Volumen von 4.132 m^3 reicht somit nicht aus ein HQ100 ohne Entlastung zurückzuhalten. Aus diesem Grund wurde angenommen, dass das RRB mit $72,3 \text{ l/s}$ überläuft und keine Reduzierung des Gesamtabflusses HQ100 aus dem Plangebiet veranschlagt. Für den Planzustand 1 wurde daher die gleiche Belastung verwendet wie im Istzustand (siehe Abbildung 4-4).

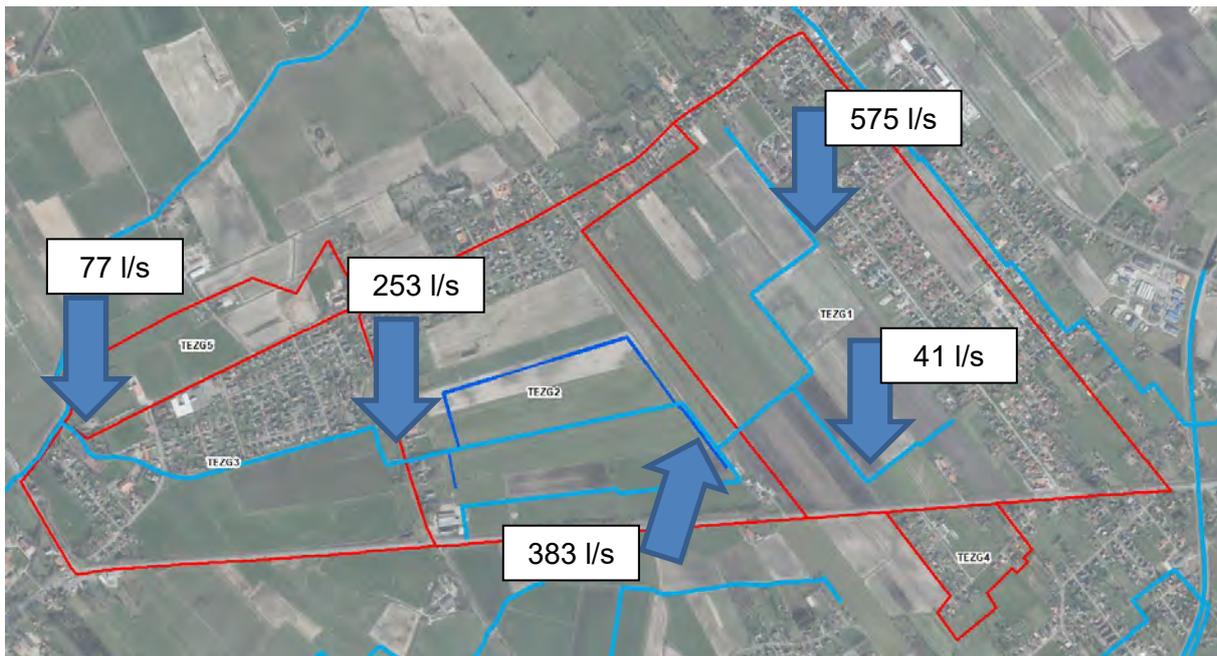


Abbildung 4-4: HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 1

In Planzustand 2 soll das HQ100 der Flächen der Bahnentwässerung (26 l/s) und des Reiterhofs (21 l/s) sowie der Entlastungsabfluss aus dem RRB ($72,3 \text{ l/s}$) Richtung Meedekanal abgeleitet werden (siehe Kapitel 3.2). Der Zufluss zum Uthwerdumer Vorfluter reduziert sich somit um $119,3 \text{ l/s}$ von 383 l/s auf 264 l/s (siehe Abbildung 4-5). Die übrigen Zuflüsse verändern sich im Planzustand 2 gegenüber Planzustand 1 nicht.

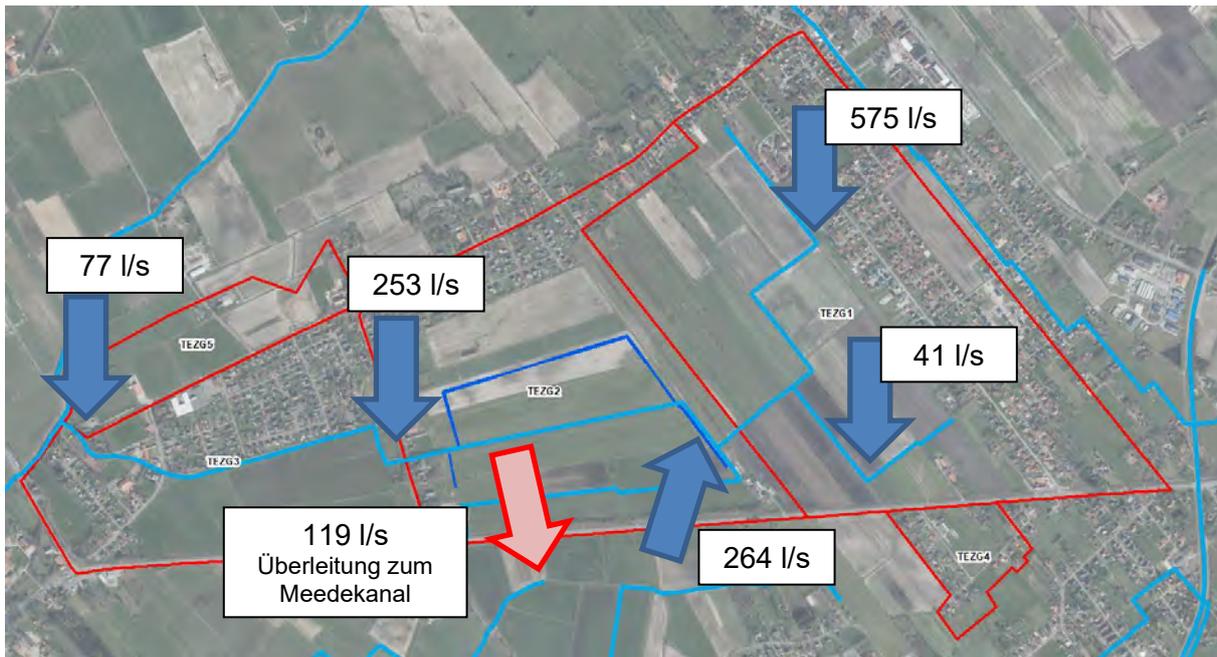


Abbildung 4-5: HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 2

4.1.2 Meedekanal

4.1.2.1 Bestand

Das Einzugsgebiet Ae des Meedekanal beträgt 960,4 ha. Entsprechend der Formel für die friesische Geest ergibt sich die maßgebliche Abflusspende mit:

$$Hq_{100} = 437,21 * 9,604^{-0,2121} = 270,59 \text{ l/(s*km}^2\text{)} = 2,71 \text{ l/(s*ha)}$$

Für das nördlich gelegene Gewerbegebiet (Ae = 75,2 ha) wurde aufgrund der Sensibilität des Systems (Entwässerung über das HUSW Victorburer Meede) und da kleine (und versiegelte) Einzugsgebiete sehr empfindlich auf Niederschlagsereignisse reagieren eine höhere zu berücksichtigende Abflusspende ermittelt (siehe auch Nachweis Unterschöpfwerksgebiet Victorburer Meede, Erster Entwässerungsverband Emden, November 2010):

$$Hq_{100} = 437,21 * 0,7520^{-0,2121} = 464,45 \text{ l/(s*km}^2\text{)} = 4,64 \text{ l/(s*ha)}$$

In Abstimmung mit dem Landkreis Aurich und der Gemeinde Südbrookmerland wurde hier kein zusätzlicher Klimazuschlag berücksichtigt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit vorliegenden Untersuchungen zum HUSW Victorburer Meede sicherzustellen.

Sollte sich durch den Klimawandel ein zusätzlicher Bedarf ergeben, könnte das HUSW um weitere Pumpen ergänzt werden.

Für die Belastung des hydraulischen Modells wurde das Einzugsgebiet des Meedekanal in sieben Teileinzugsgebiete unterteilt (siehe Abbildung 4-6) und für jedes der zugehörige HQ100-Abfluss berechnet (siehe Tabelle 4-2).



Abbildung 4-6: Teileinzugsgebiete Meedekanal, Istzustand

Tabelle 4-2: HQ100-Abfluss im Meedekanal, Istzustand

	Hq100 in l/(s*ha)	Ae in ha	HQ100 in l/s
TG 01	2,71	20,7	56
TG 02	2,71	85,6	232
TG 03	2,71	212,3	575
TG 04	2,71	128,6	349
TG 05	2,71	141,1	382
TG 06	2,71	296,9	805
TG 07	4,64	75,2	349
SUMME		960,4	2.748

Für die Belastung des hydraulischen Modells wurden die ermittelten Zuflüsse oberhalb des jeweiligen Teileinzugsgebietes in die Gewässer eingeleitet. Dies entspricht dem „worst-case“-Ansatz für die Belastung, da die Gräben über die gesamte Gewässerstrecke im betroffenen Teilgebiet den maximalen Abfluss führen.

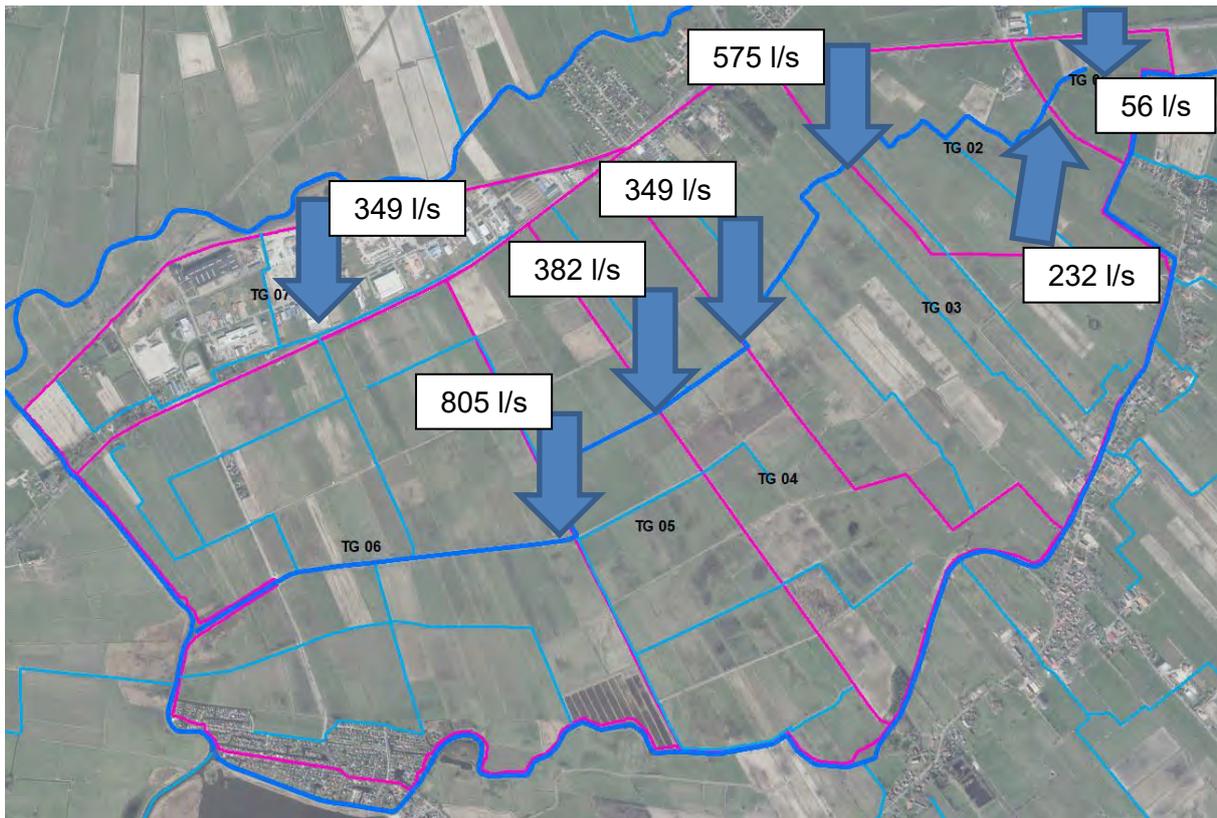


Abbildung 4-7: HQ100-Zuflüsse zum Meedekanal, Istzustand

4.1.2.2 Planung

In der Planungsvariante 2 soll dem Meedekanal der Entlastungsüberlauf des RRB ZKG-Gelände ganz oder teilweise zugeführt werden. Für den hydraulischen Nachweis wurde daher der zu erwartende Entlastungsüberlauf aus dem RRB ermittelt.

Das RRB wurde nach dem DWA Arbeitsblatt DWA-A 117 bemessen (IST, Mai 2021). Aus der Bemessung ergibt sich ein maßgebliches Bemessungsereignis für das RRB von 240 Minuten. Der Drosselabfluss beträgt 60 l/s und das maximale Einstauvolumen vor Entlastung 4.132 m³.

Die entsprechende Regenspende des Wiederkehrintervalls von T = 100 a (Dauerstufe D = 240 Minuten) liegt bei 37,5 l/(s*ha), zzgl. 15 % Sicherheitsaufschlag = 43,1 l/(s*ha). Auf das an das RRB angeschlossene Einzugsgebiet übertragen ergibt sich ein Gesamtzufluss für dieses Ereignis von 1.293 l/s. Über die Drossel werden 60 l/s in den Uthwerdumer Vorfluter abgeleitet. Bei vollem Becken werden somit 1.233 l/s entlastet. Das vorhandene Einstauvolumen im RRB füllt sich bei diesem Zufluss in 54 Minuten. Bei einer Dauerstufe von 4 Stunden (240 Minuten) wäre der Überlauf somit 185 Minuten aktiv.

Für das Gelände des Entwässerungsgrabens nördlich der Bahn und einen Abschnitt südlich der neuen Zufahrtsstraße (Bereich Reiterhof) werden zusätzlich 21 l/s + 26 l/s = 47 l/s Zufluss bei einem HQ100-Ereignis berücksichtigt.

Für die Planzustände 2 und 2a wird das hydraulische Modell des Meedekanal mit dem o.g. Zufluss von insgesamt 1.280 l/s zusätzlich zu den Abflüssen aus dem Bestand belastet (siehe Abbildung 4-8).

Bei der Ermittlung der Bemessungsabflüsse wurde für den Entlastungsabfluss aus dem RRB ein Niederschlagsereignis mit höherer Intensität berücksichtigt als für die Gewässerbelastung (Zusammentreffen eines Starkregenereignisses mit einem HQ100 im Gewässer). Somit handelt es sich um ein „worst-case“-Szenario mit maximierten Abflüssen, welches im Zuge der weiteren Planungsschritte noch optimiert und differenziert werden muss.

Im Planzustand 2b wurde der Zufluss aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters auf 600 l/s reduziert, um eine Überlastung des bestehenden Durchlasses der K113 zu vermeiden (siehe Kapitel 3.2 und Kapitel 4.1.3).

Andere konkrete Planungen im Einzugsgebiet des Meedekanals sind nicht bekannt.

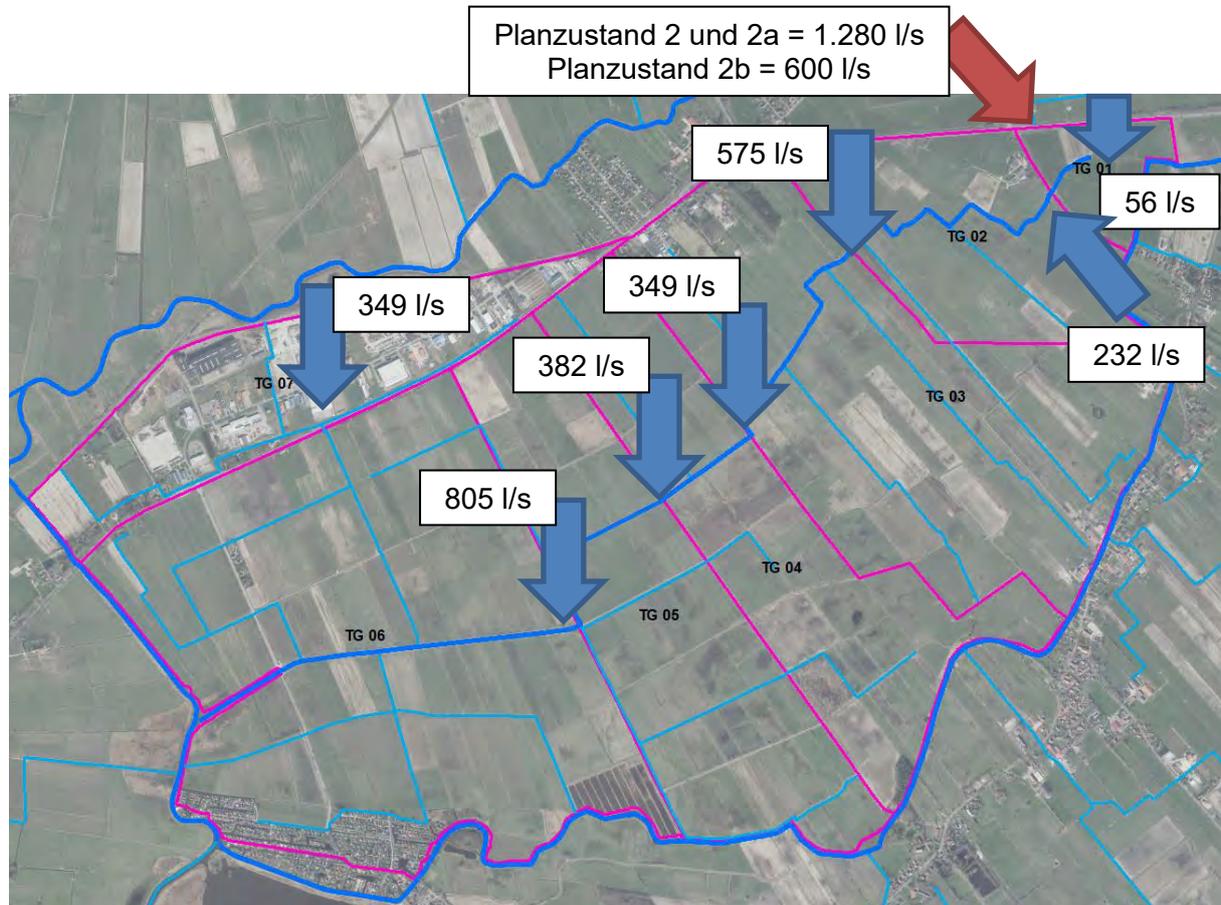


Abbildung 4-8: HQ100-Zuflüsse zum Meedekanal, Planzustände 2, 2a und 2b

4.1.3 Durchlass K113, Forlitzer Straße

Die Berechnungsergebnisse mit dem hydraulischen Modell zeigen bei dem in Kapitel 4.1.2.2 ermittelten Zufluss aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters von insgesamt 1.280 l/s eine deutliche Überlastung des Durchlasses der K113 (siehe Kapitel 7.1.4.2). Um eine Überlastung des Meedekanals in diesem Bereich zu vermeiden, soll der Zufluss auf die maximale Durchflussleistung des Durchlasses der K113 reduziert werden.

Die Untersuchung der Leistungsfähigkeit mit dem hydraulischen Modell zeigt, dass ein Abfluss bis ca. 0,64 m³/s im Freispiegel durch den Durchlass abgeleitet werden kann.

Ab einem Abfluss von ca. 0,64 m³/s zeigt sich ein deutlicher Anstieg des Wasserspiegels oberhalb vom Durchlass, der sich durch einen starken Wechsel in der Wasserspiegellagedifferenz zwischen Ober- und Unterwasser zeigt (siehe Abbildung 4-9).

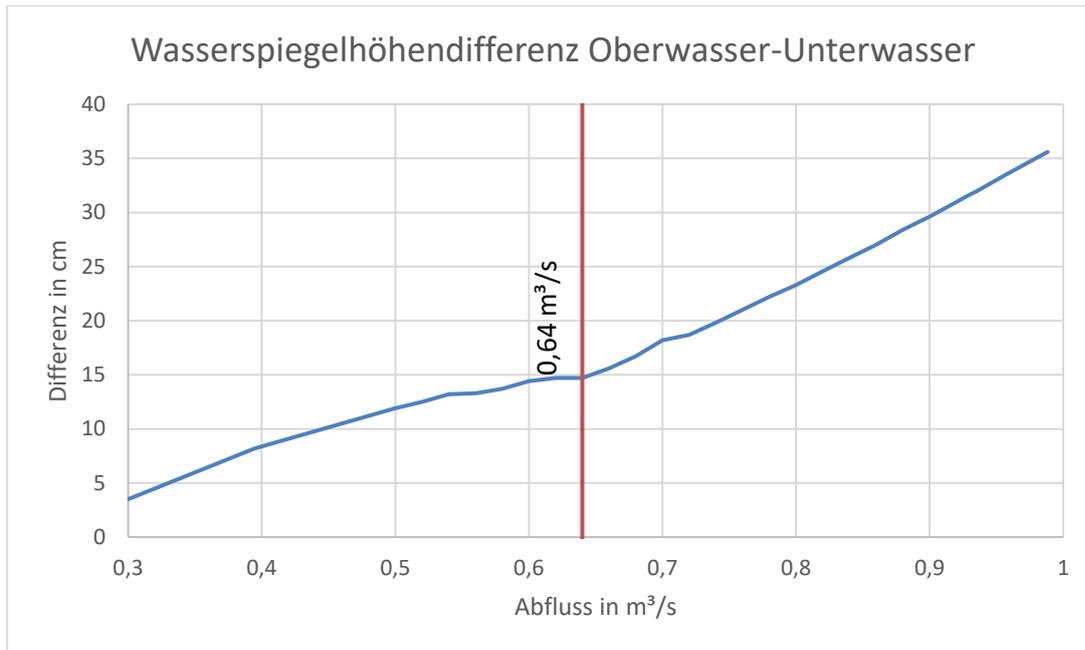


Abbildung 4-9: Leistungsfähigkeitsbetrachtung Durchlass unter der K113: Prüfung des Rückstaus anhand der Wasserspiegeldifferenz von Ober- und Unterwasser

Ab einem Abfluss von $0,81 \text{ m}^3/\text{s}$ sind aufgrund der Geländehöhe im Böschungsbereich des Gewässers (an niedrigen Stellen von $-0,65 \text{ mNN}$ bis $-0,50 \text{ mNN}$) Ausuferungen aus dem Gewässer zu erwarten (siehe Abbildung 4-10).

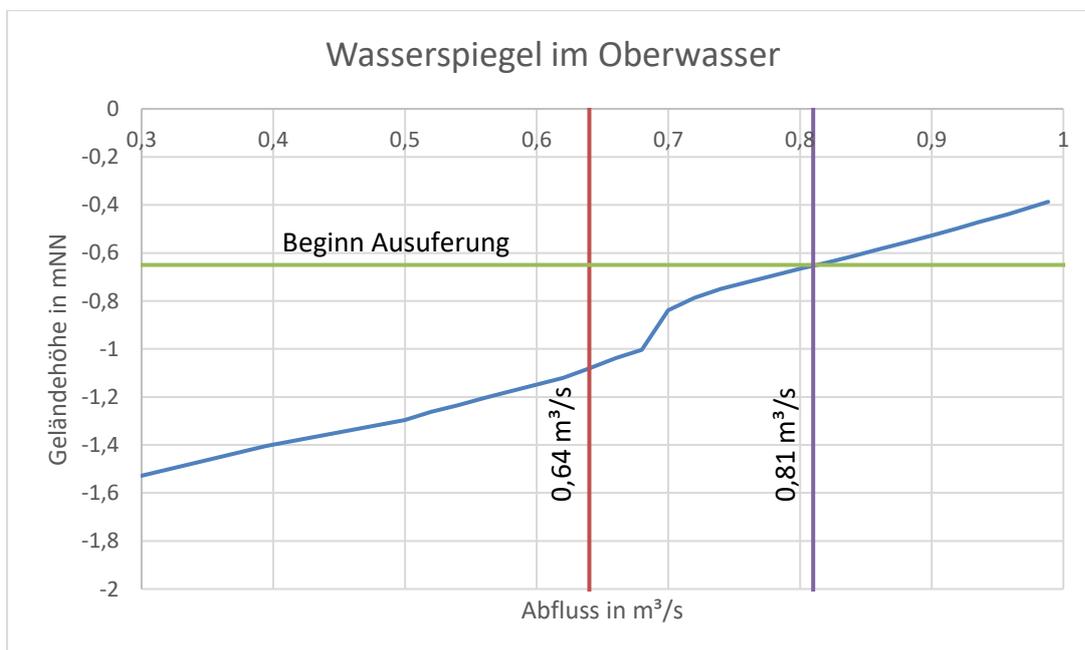


Abbildung 4-10: Leistungsfähigkeitsbetrachtung Durchlass unter der K113: Beginn der Ausuferung im Oberwasser

Um eine Ausuferung aus dem Meedekanal oberhalb der K113 (durch Überlastung des Durchlasses) zu vermeiden, soll der Zufluss aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters (RRB-Entlastung) soweit reduziert werden, dass die maximale Durchflussleistung des Durchlasses der K113 nicht überschritten wird und es nicht zu Ausuferungen in das Gelände oberhalb kommt.

Daraus berechnet sich zusätzliches Rückhaltevolumen, dass im RRB oder in dem zuleitenden Graben nördlich der B72/B210 zur Verfügung gestellt werden müsste.

Aus dem RRB und den angrenzenden Teilgebieten errechnet sich ein Abfluss von 1.280 l/s. Durch den Durchlass der K113 können zwischen ca. 640 l/s (im Freispiegel) und ca. 810 l/s (überflutungsfrei) abgeleitet werden. Mit der Annahme, dass ein leichter Einstau des Durchlasses für das HQ100 akzeptabel ist, wurde der o.g. Zufluss aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters von 1.280 l/s auf 600 l/s gedrosselt (56 l/s kommen aus dem Einzugsgebiet des Meedekanals oberhalb vom Durchlass unter der K113 dazu). Insgesamt fließen dem Durchlass dann 656 l/s zu.

Um die Entwässerung der natürlichen Fläche des Entwässerungsgrabens (mit 47 l/s) sicherzustellen, müsste der Entlastungsabfluss aus dem RRB somit auf 553 l/s gedrosselt werden (600 l/s – 47 l/s).

Die Drosselung kann zum einen über eine 2. Entlastung in den Uthwerdumer Vorfluter erfolgen (die Kapazität im Uthwerdumer Vorfluter wäre für diesen Fall noch nachzuweisen), oder es wird zusätzliches Rückhaltevolumen im RRB bzw. auf dem ZKG-Gelände bereitgestellt. Mit den in Kapitel 4.1.2.2 Annahmen des Entlastungsabflusses berechnet sich ein zusätzlich erforderliches Retentionsvolumen von:

$$1,233 \text{ m}^3/\text{s} - 0,553 \text{ m}^3/\text{s} = 0,680 \text{ m}^3/\text{s} * 185 \text{ Minuten (11.100 sec)} = \underline{7.548 \text{ m}^3}$$

4.2 Starkregen

Ein Ergebnis der im Jahr 2018 veröffentlichten KLEVER-Studie (Klimaorientiertes Entwässerungsmanagement im Verbandsgebiet Emden, Oktober 2018) ist, dass die Starkregenniederschläge im Sommer durch den Klimawandel zunehmen werden. Als Starkregen wird ein Niederschlagsereignis bezeichnet, das in sehr kurzer Zeit große Niederschlagsmengen bringt (Platzregen).

Für die Berechnungen im direkten Umfeld des Plangebietes wurde zusätzlich zu den HQ100-Bemessungsabflüssen für die Gewässer eine Niederschlagsbelastung für den Starkregenfall ermittelt. Für den Nachweis der Starkregensituation wurde in Abstimmung mit dem Landkreis Aurich ein Belastungsniederschlag nach KOSTRA-DWD 2010R verwendet.

Für die Überflutungsereignisse, die durch eine Überlastung der Aufnahmekapazität des Bodens auftreten, wurde ein Starkregeneignis nach KOSTRA ausgewählt, dessen Intensität das maximale Infiltrationsvermögen des Bodens übersteigt.

Um ein maßgebliches Ereignis zu ermitteln, wurde ein einfaches Niederschlag-Abfluss-Modell mit dem Programm NASIM erstellt und das Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters über ein Teilgebiet unter Berücksichtigung der vorliegenden Nutzungs-, Gefälle und Bodenparameter abgebildet.

Das Modell wurde mit Niederschlägen aus KOSTRA-DWD 2010R mit einem Wiederkehrintervall von T = 100 Jahre und verschiedenen Dauerstufen zwischen 1 und 72 Stunden belastet.

Rasterfeld	: Spalte 14, Zeile 22
Ortsname	: 26624 Südbrookmerland
Bemerkung	:
Zeitspanne	: Januar - Dezember

Dauerstufe	Niederschlagsspenden rN [l/(s·ha)] je Wiederkehrintervall T [a]								
	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a
5 min	144,3	195,0	224,6	261,9	312,6	363,3	392,9	430,2	480,9
10 min	115,8	149,6	169,5	194,4	228,3	262,1	282,0	306,9	340,8
15 min	96,7	123,4	139,1	158,8	185,6	212,3	228,0	247,7	274,4
20 min	83,0	105,6	118,9	135,5	158,2	180,8	194,1	210,7	233,4
30 min	64,6	82,5	93,0	106,2	124,1	142,0	152,4	165,6	183,5
45 min	48,6	62,7	71,0	81,4	95,5	109,6	117,9	128,3	142,5
60 min	38,9	50,8	57,8	66,7	78,6	90,6	97,6	106,4	118,3
90 min	28,5	36,8	41,7	47,8	56,1	64,5	69,3	75,5	83,8
2 h	22,8	29,2	33,0	37,8	44,2	50,7	54,4	59,2	65,6
3 h	16,7	21,2	23,8	27,1	31,6	36,1	38,7	42,0	46,5
4 h	13,4	16,8	18,9	21,4	24,9	28,4	30,4	33,0	36,4
6 h	9,8	12,2	13,6	15,4	17,8	20,2	21,7	23,4	25,9
9 h	7,1	8,8	9,8	11,1	12,8	14,4	15,4	16,7	18,4
12 h	5,7	7,0	7,8	8,8	10,1	11,4	12,1	13,1	14,4
18 h	4,2	5,1	5,6	6,3	7,2	8,1	8,7	9,3	10,2
24 h	3,4	4,1	4,5	5,0	5,7	6,4	6,8	7,3	8,0
48 h	2,2	2,6	2,8	3,1	3,5	3,9	4,1	4,4	4,8
72 h	1,7	2,0	2,1	2,3	2,6	2,9	3,0	3,2	3,5

Legende

T Wiederkehrintervall, Jährlichkeit in [a]: mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet

D Dauerstufe in [min, h]: definierte Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen

rN Niederschlagsspende in [l/(s·ha)]

Für die Berechnung wurden folgende Klassenwerte verwendet:

Wiederkehrintervall	Klassenwerte	Niederschlagshöhen hN [mm] je Dauerstufe			
		15 min	60 min	24 h	72 h
1 a	Faktor [-]	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe
	[mm]	8,70	14,00	29,00	44,20
100 a	Faktor [-]	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe	DWD-Vorgabe
	[mm]	24,70	42,60	69,40	90,80

Abbildung 4-11: Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2010R

Da bei der Simulation von Bemessungsereignissen die Bodenfeuchte zu Simulationsbeginn eine maßgebliche Rolle spielt, wurden die Simulationen mit drei verschiedenen Anfangsbedingungen durchgeführt:

- Trockener Boden (Anfangsbodenfeuchte = min. nutzbare Feldkapazität)
- Mittlere Bodenfeuchte (Anfangsbodenfeuchte = max. nutzbare Feldkapazität)
- Nasser Boden (Anfangsbodenfeuchte = 90 % Gesamtporenvolumen)

Die Ergebnisse der Simulationen haben gezeigt, dass sich die Bodenfeuchte vor allem bei langen Ereignissen (hohe Dauerstufe) auswirkt. Bei kurzen Ereignissen hoher Intensität wird das maximale Infiltrationsvermögen des Bodens überschritten und der Scheitelwert des Abflusses bleibt nahezu gleich. Der maximale Abfluss ist bei allen Anfangsbodenfeuchten bei einer Dauerstufe von D = 1 h aufgetreten. Das maximale Abflussvolumen wurde immer bei D = 72 h erreicht. Die Tabelle 4-3 zeigt die Simulationsergebnisse der beiden maßgeblichen Dauerstufen.

Tabelle 4-3: Ergebnisse aus der NASIM-Simulation Uthwerdumer Vorfluter zur Ermittlung eines maßgeblichen Starkregenereignisses für die Dauerstufen $D = 1 \text{ h}$ und $D = 72 \text{ h}$

	Abflussscheitel in m^3/s		Abflussvolumen in m^3	
	$D = 1 \text{ h}$	$D = 72 \text{ h}$	$D = 1 \text{ h}$	$D = 72 \text{ h}$
Trockener Boden	5,74	2,35	168.908	330.393
Feuchter Boden	5,74	2,19	153.265	290.043
Nasser Boden	5,73	1,80	135.144	251.068

Aufgrund der Ergebnisse wurde für die Starkregenbetrachtung, in der die hohe Intensität der relevante Parameter ist, das Niederschlagsereignis nach KOSTRA-DWD 2010R mit einer Dauerstufe von 1 h ohne Abminderung herangezogen. Das Ereignis wird mit einer Höhe von 42,6 mm bzw. einer Belastungsspende von 118,3 $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ angegeben (siehe Abbildung 4-11).

Um die Einflüsse der für die Erstellung des ZKG geplanten Geländeänderungen auf den Abfluss von Starkregenereignissen zu untersuchen, wurde das hydraulische 2D-Modell des Uthwerdumer Vorfluters mit dem ermittelten Starkregenereignis im Ist- und Planzustand belastet. Dazu wurde der Niederschlag nicht punktuell in die Gewässer eingeleitet, sondern als direkte Belastung auf die gesamte Fläche des Modells eingegeben. Dadurch wird nicht nur der Abfluss im Gewässer und ggf. eine Überflutung aus dem Gewässer berechnet, sondern die Fließwege auf der Oberfläche werden entsprechend der Topografie mit abgebildet (siehe Abbildung 4-12).

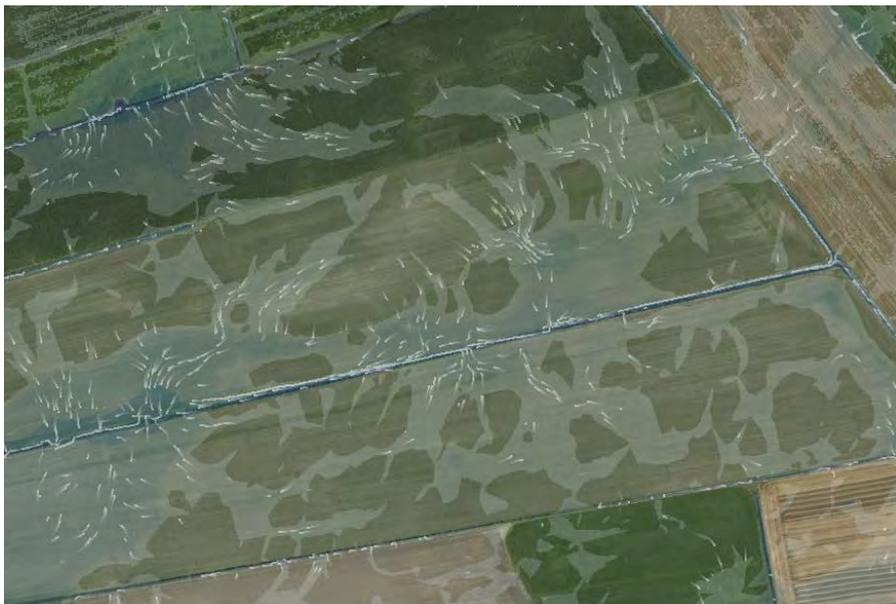


Abbildung 4-12: Beispielhaft Darstellung der Fließwege aus einer Starkregensimulation

Für den Meedekanal wurde keine Starkregenbetrachtung durchgeführt, da die Beeinflussung des Gebietes nur durch eine punktuelle und gezielte Notüberleitung bestimmbarer Einleitungen eines 100-jährlichen Ereignisses aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters zu prüfen ist. Eine lokale Veränderung im Einzugsgebiet des Meedekanal durch Starkregenereignisse durch die geplanten Maßnahmen ist hier nicht zu erwarten.

5 Gewässerplanung

5.1 Betroffene Gewässerabschnitte

Das Planungsgelände wird von mehreren kleineren und größeren Gräben durchflossen. Für die Umsetzung des Vorhabens müssen Teilbereiche des Hauptgewässers des Einzugsgebietes, der Uthwerdumer Vorfluter ggf. des Meedekanals (Gewässer 2. Ordnung), umverlegt werden. Weitere kleinere Gräben (3. Ordnung) müssen verlegt werden oder entfallen nach Umsetzung des Planungsvorhabens.

Die Abbildung 5-1 zeigt die vorhandenen Gewässer im Planungsraum mit Lage und Verlauf. In dunkelblau sind Gewässer II. Ordnung dargestellt, in hellblau Gewässer III. Ordnung.

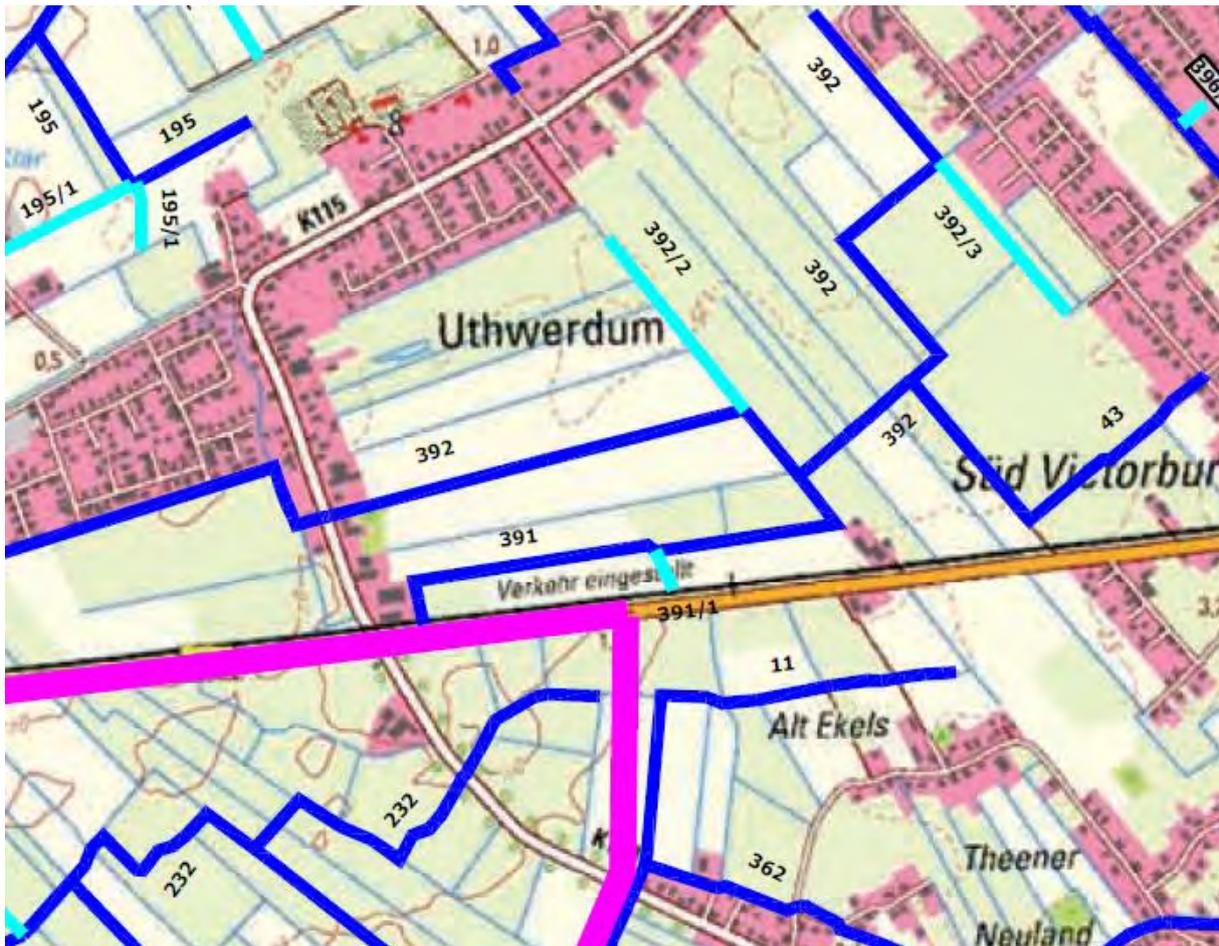


Abbildung 5-1: Gewässerverläufe im Planungsgebiet, Uthwerdumer Vorfluter (392), Uthwerdumer Äckerschloot (391), Brandendenschloot (43) und Meedekanal (Ausschnitt der Gewässerkarte Erster Entwässerungsverband Emden, Januar 2014)

In Abbildung 5-2 sind die durch die Maßnahme betroffenen Gewässer gekennzeichnet.

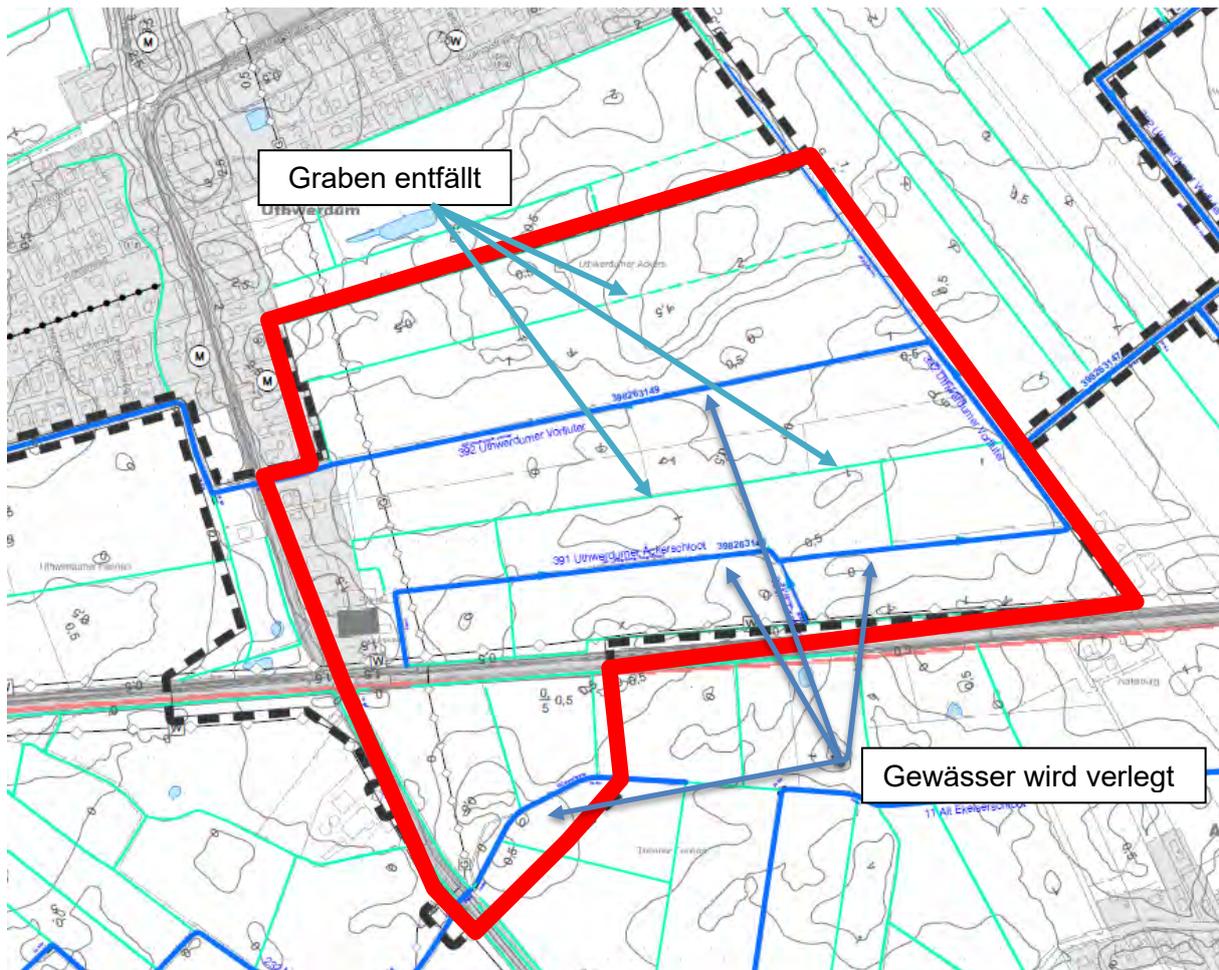


Abbildung 5-2: Betroffene Gewässer im Planungsraum

Hydrotec wurde für die Gewässerplanung von den Projektbeteiligten ein Bereich für die zukünftigen Gewässertrassen, die sich aus der Planung des Klinikgeländes ergeben hat, vorgegeben. Weitere Randbedingungen waren bei der Planung zu berücksichtigen:

- Der Anschluss an vorhandene Gewässerabschnitte muss (Sohlgleich) gegeben sein.
- Aus Gründen der Standsicherheit ist möglichst eine Böschungsneigung mit 1:2 oder flacher zu wählen (Vorgabe Erster Entwässerungsverband Emden).
- Für Gewässer 2. Ordnung ist ein Unterhaltungstreifen von mindestens 10 m Breite auf beiden Böschungsseiten freizuhalten, nach Satzung des Ersten Entwässerungsverbandes Emden.
- Das HQ100 muss schadens- und rückstaufrei abgeleitet werden (Vorgabe Landkreis Aurich).

Die in der Abbildung 5-3 blau schraffierten Bereiche zeigen die aus der Geländenutzung vorgesehenen Trassen für die Gewässer im Planzustand.



Abbildung 5-3: Für die Planung vorgesehenen Bereiche der umverlegten Gewässer

Die Gewässerachsen wurden mittig in die vorgesehenen Trassenbereiche gelegt, um den erforderlichen Platz für die Gewässerunterhaltung zu gewährleisten.

5.1.1 Uthwerdumer Vorfluter (Gewässer 2. Ordnung, Gewässernummer 392)

Der Uthwerdumer Vorfluter verläuft vom sogenannten „Nassen Dreieck“ östlich der Kreisstraße K115 in der Ortschaft Victorbur in westlicher Richtung durch landwirtschaftlich genutzte Flächen, kreuzt nach ca. 2,3 km Fließstrecke die K115 und mündet nach weiteren 1,2 km in den Abelitz-Moordorf-Kanal (Gesamtlänge 3,53 km). Die Abbildung 5-1 zeigt den heutigen Verlauf.

Der Uthwerdumer Vorfluter fließt aktuell zentral durch das zukünftige Klinikgelände und soll daher nach Norden umverlegt werden. Die Abbildung 5-4 zeigt den neuen Verlauf des Uthwerdumer Vorfluters. Die dargestellt Planung sieht im Osten eine parallel zum aktuellen Gewässerverlauf geführte Trasse für den Uthwerdumer Vorfluter vor, bevor er dann nach Westen abknickt. Eine Zusammenlegung des Bestands mit der geplanten Umverlegung ist ebenfalls denkbar. Abhängig von den Eigentumsverhältnissen, den erforderlichen Bewirtschaftungswegen, der Lage des Drosselbauwerks des RRBs und den hydraulischen Randbedingungen ist eine Optimierung der Trassenführung in der weiteren Planung zu berücksichtigen.

Nach Anschluss des östlichen Zuflusses wird der Graben nach Süden verlängert, um den Abfluss aus dem zukünftigen RRB aufzunehmen. Östlich der Querung der K115 schließt der geplante Graben wieder an den Bestand an. Eine Veränderung am Durchlass der K115 ist nicht vorgesehen. Die Länge der Umverlegung beträgt ca. 1.000 m, damit verlängert sich der heutige Uthwerdumer Vorfluter um ca. 330 m. Das mittlere Sohlgefälle beträgt heute und künftig etwa 0,25 ‰. Die Sohlhöhen für Ist- und Planzustand sind im Längsschnitt der Anlage 1 dargestellt. Die bestehenden Entwässerungsgräben nördlich und östlich sowie der Uthwerdumer Vorfluter ober- und unterhalb der Umverlegung der werden nicht verändert und sohlgleich an den neuen Gewässerverlauf angeschlossen.

Der Drosselabfluss des RRB wird über einen parallel zum bestehenden Uthwerdumer Vorfluter Graben zugeleitet. Im Zuge der weiteren Planung zum RRB ist hier auch die Einleitung in den bestehenden Uthwerdumer Vorfluter denkbar. Eine Anpassung der Profilgeometrie (Aufweitung zur westlichen Böschungsseite) ist je nach umgesetzter Planungsvariante ggf. erforderlich.

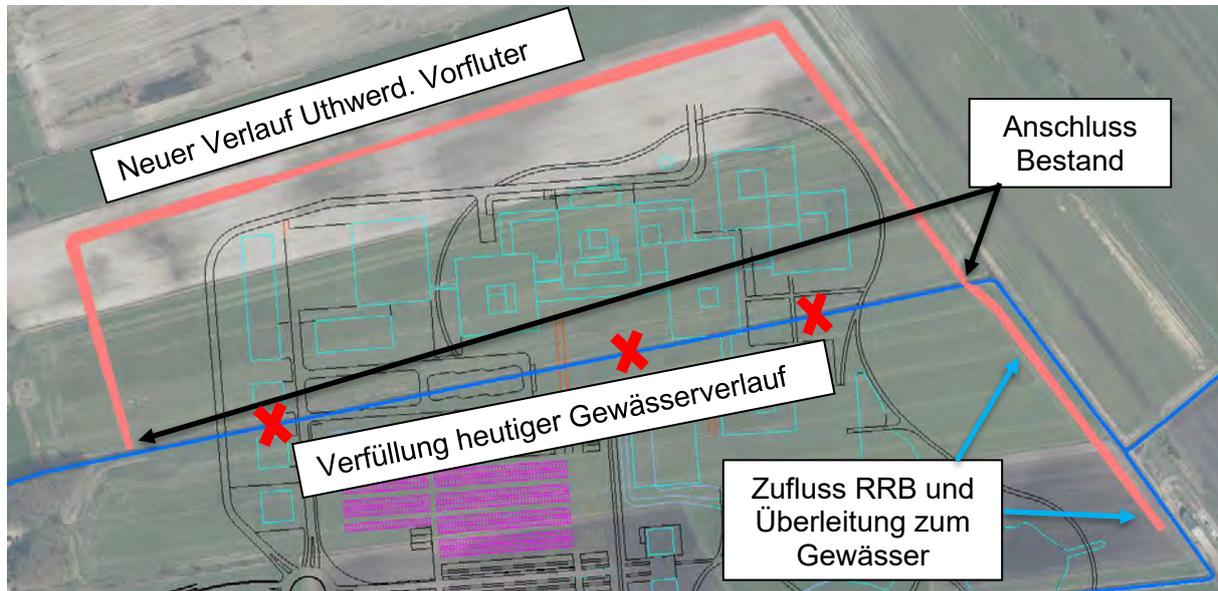


Abbildung 5-4: Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter, Verlauf alle Planzustände

5.1.2 Uthwerdumer Äckerschloot (Gewässer 2. Ordnung, Gewässernummer 391)

Der Uthwerdumer Äckerschloot verläuft östlich der Kreuzung B72/B210 / K115 nördlich der B72/B210 in östlicher Richtung am südlichen Rand des Planungsgebietes. Er nimmt neben den anliegenden landwirtschaftlichen Flächen auch den Abfluss aus dem Bahnseitengraben auf und mündet östlich des Plangebietes in den Uthwerdumer Vorfluter. Er hat eine Gesamtlängfließlänge von 1,06 km.

Der Uthwerdumer Äckerschloot liegt nahezu über seine gesamte Fließlänge innerhalb des zukünftigen ZKG-Geländes und muss daher fast vollständig umverlegt werden. Er wurde in das Niederschlagswasserbeseitigungskonzept des ZKG-Geländes integriert und Richtung Norden in das Freigelände des Klinikgeländes verlegt. Die Planung des Gewässers ist daher Bestandteil der Freiraumplanung und wurde hier nicht weiter betrachtet. Die übrigen Bereiche werden weitestgehend verfüllt.

Der für die westlich angrenzende Bebauung (Reiterhof) erforderliche kurze Abschnitt des Äckerschloots wird erhalten und entweder über die vorhandenen Gräben III. Ordnung nach Norden abgeleitet oder es wird ein neuer, leistungsfähiger Graben mit Ableitung nach Osten, erstellt. Die Entscheidung der Ableitung aus diesem Bereich soll nach Festlegung der Entwässerungsvariante zu einem späteren Zeitpunkt getroffen werden.

Die Abbildung 5-5 zeigt die konzeptionell geplanten Maßnahmen am Uthwerdumer Äckerschloot.

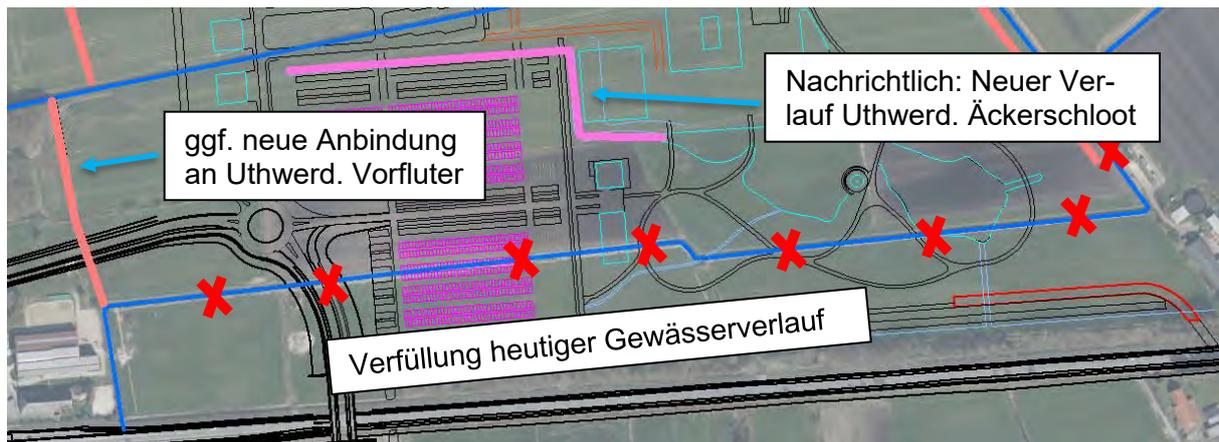


Abbildung 5-5: Maßnahmen am Uthwerdumer Äckerschloot

5.1.3 Meedekanal (Gewässer 2. Ordnung, Gewässernummer 232)

Der Großteil des Planungsgebiets liegt im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters. Die Erschließung erfolgt ausgehend von der neu geplanten Kreisstraße (mit Brücke über die Bahnstrecke und die Bundesstraßen), die teilweise im Einzugsgebiet des Meedekanals liegt. Daher sind auch für einen kurzen Abschnitt des Meedekanals und einiger zufließende Entwässerungsgräben Maßnahmen erforderlich.

Der Meedekanal hat eine Gesamtlängelänge von 5,475 km und beginnt südlich des Plangebiets ca. 320 m östlich der K113. Die nachfolgende Abbildung zeigt die konzeptionell geplanten Maßnahmen am Meedekanal östlich der K113. Westlich der K113 soll bei der Umsetzung einer Überleitung von Niederschlagswasser (im Entlastungsfall) aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters in den Meedekanal ein Durchlass (landwirtschaftliche Überfahrt) von DN600 auf mind. DN800 vergrößert werden. Der DN 600 Durchlass oberhalb wird nach dem Bau der Kreisstraße nicht mehr als Feldzufahrt benötigt und kann entfallen. Für die Planungsvariante 2a ist eine Vergrößerung des Durchlasses K113 von DN700 auf DN1200 vorgesehen. Andere konkrete Planungen am Meedekanal sind nicht bekannt, daher entspricht das übrige System dem heutigen Zustand.

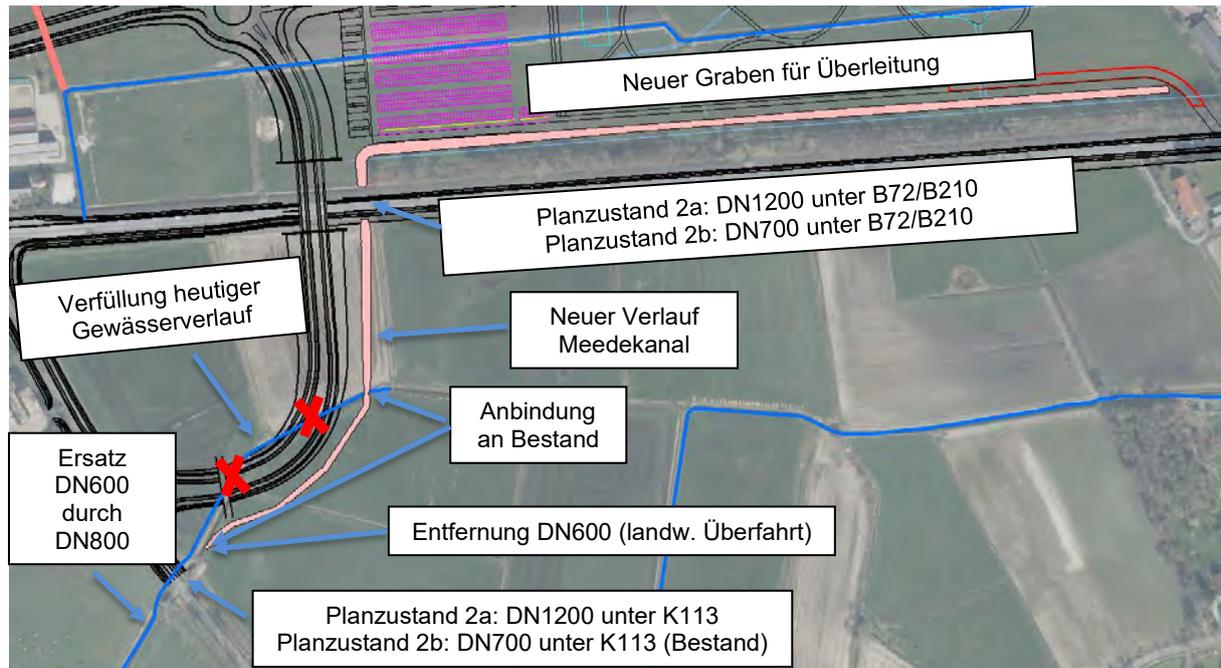


Abbildung 5-6: Maßnahmen am Meedekanal und Überleitung aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters

5.2 Bemessung der Querprofile

Für die neu zu erstellenden Gewässer- und Grabenabschnitte sind Querprofilgeometrien zu ermitteln, die eine Leistungsfähigkeit bis HQ100 sicherstellen.

Unter Berücksichtigung der vorhandenen Geometrien und der in Kapitel 5.1 genannten Randbedingungen wurden für die verschiedenen Planungsvarianten die im Folgenden aufgeführten Sohlbreiten und Böschungsneigungen gewählt.

Der Uthwerdumer Vorfluter hat heute im Planungsbereich eine Sohlbreite von ca. 1,4 m und eine Böschungsneigung von ca. 1:1,5. Für die Umverlegung wurde im Planzustand 1 der Gewässerquerschnitt kostenoptimiert gewählt. Um hinsichtlich der Standsicherheit auf der sicheren Seite zu sein, wurde die Böschungsneigung etwas flacher als im Bestand mit 1:1,5 bis 1:2 festgelegt. Für die Sohle wurde iterativ die kleinstmögliche Breite ermittelt, für die der hydraulische Nachweis erbracht werden kann, der Bodenaushub aber minimiert wird. In der Planungsvariante 1a wurde die Breite der Gewässersohle zur Optimierung des Wasserspiegels bei HQ100 ermittelt.

Der Meedekanal hat heute im Planungsbereich eine Sohlbreite von ca. 0,6 m. Für den Planzustand wurde analog zum Uthwerdumer Vorfluter der Profilquerschnitt kostenoptimiert gewählt. Aufgrund der geringeren Gewässertiefe wurde eine (entsprechend dem Bestand) Böschungsneigung von 1:1,5 als ausreichend angesehen.

Der Uthwerdumer Äckerschloot wird im Rahmen der Freilandplanung des ZKG-Geländes geplant. Da diese noch nicht vorliegt wurde der Uthwerdumer Äckerschloot mit einem fiktiven, für den Abfluss ausreichenden Profil abgebildet (Sohlbreite 0,5 m, Böschungsneigung 1:1,5).

Nachfolgend sind die Profil-Kenndaten für die betrachteten Zustände aufgeführt. Im Rahmen der vorliegenden Studie sind diese als Richtwerte für die nachfolgenden Planungen zu verstehen, d.h. eine Optimierung der Geometrien ist im Zuge der weiteren Planung durchzuführen.

Planzustand 1

- Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter nach Norden: Sohle = 1 m, Böschungsneigung 1:2 und 1:1,5 (für höher gelegenes Gelände)
- Umverlegung Meedekanal: Sohle = 0,5 m, Böschungsneigung 1:1,5
- Graben Uthwerdumer Äckerschloot: Sohle = 0,5 m, Böschungsneigung 1:1,5

Planzustand 1a

- Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter nach Norden: Sohle = 3,2 m, Böschungsneigung 1:2 und 1:1,5 (für höher gelegenes Gelände)
- Umverlegung Meedekanal: Sohle = 0,5 m, Böschungsneigung 1:1,5
- Graben Uthwerdumer Äckerschloot: Sohle = 0,5 m, Böschungsneigung 1:1,5

Planzustand 2 (a und b)

- Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter nach Norden: Sohle = 1 m, Böschungsneigung 1:2 und 1:1,5 (für höher gelegenes Gelände)
- Graben und Umverlegung Meedekanal: Sohle = 0,5 m, Böschungsneigung 1:1,5
- Graben Uthwerdumer Äckerschloot: Sohle = 0,5 m, Böschungsneigung 1:1,5

Die Leistungsfähigkeit der Planprofile wurde anhand hydraulischer Berechnungen überprüft (siehe Kapitel 6). In den weiteren Planungsschritten ist eine ggf. erforderliche Sicherung der Böschungen, insbesondere bei steileren Abschnitten zu prüfen. Eine Böschungsfußsicherung ist dabei ausgeschlossen.

Die Geometrien wurden in Anlehnung an den Bestand für die gesamte Länge des jeweiligen Gewässers gleich gewählt. Anpassungen aus freiraumplanerischen oder ökologischen Gründen (z.B. variable Sohlenbreiten, Aufweitungen, zusätzliche Gewässerabschnitte, oder flachere Böschungsneigungen) sind aus hydraulischer Sicht umsetzbar, die geplante Leistungsfähigkeit darf sich jedoch nicht reduzieren und ist zu prüfen.

Die Anlagen 3 und 4 zeigen eine Übersicht der Planungsprofile für alle Planzustände.

5.3 Kostenschätzung

Die Entwässerungsvarianten unterscheiden sich hinsichtlich der Herstellungskosten in erster Linie durch die erforderlichen Maßnahmen in der Gewässerplanung. Die nachfolgende Tabelle zeigt die geschätzten Kosten für die Maßnahmen an den Gewässern für die Planzustände 1, 1a, 2a und 2b. Da einige Randbedingungen der Planungen noch nicht geklärt sind, kann es sich zum aktuellen Stand nur um grobe Orientierungswerte handeln. Eine belastbarere Kostenschätzung kann erst nach Festlegung der Planungsvariante, der Profilgeometrien und der Durchlassprofile erstellt werden. Die Verfüllung der vorhandenen Gräben im Bereich der Bau- maßnahme wird an dieser Stelle nicht angeführt, ebenso die Herstellung/Umverlegung des Uthwerdumer Äckerschloots. Es wird davon ausgegangen, dass diese Kosten mit den Herstellungskosten der Geländeanpassungen des Klinikgeländes kalkuliert werden.

Tabelle 5-1: Kostenschätzung Planzustand 1

Maßnahme	Einheit	Kosten EP	Menge	Kosten gesamt
Herstellung Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter und Anbindung RRB über 1.230 m (Sohle 1 m) inkl. teilweiser Böschungssicherung und Anbindung an Bestand	m ³	20 €	10425	208.500 €
Anpassung Gefälle Entwässerungsgraben Bahn	m	10 €	760	7.600 €
Anpassung Grabenstrukturen Entwässerung Reiterhof	m	10 €	400	4.000 €
Durchlass DN600 neue Zufahrt Klinikgelände inkl. Einbau	Stk.	1.800 €	1	1.800 €
Herstellung Umverlegung Meedekanal	m ³	20 €	1650	33.000 €
Entfernung DN600 landwirtschaftl. Überfahrt	Stk.	800 €	1	800 €
SUMME netto (gerundet)				256.000 €

Tabelle 5-2: Kostenschätzung Planzustand 1a

Maßnahme	Einheit	Kosten EP	Menge	Kosten gesamt
Herstellung Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter und Anbindung RRB über 1.230 m (Sohle 3,2 m) inkl. teilweiser Böschungssicherung und Anbindung an Bestand	m ³	20 €	15600	312.000 €
Anpassung Gefälle Entwässerungsgraben Bahn	m	10 €	760	7.600 €
Anpassung Grabenstrukturen Entwässerung Reiterhof	m	10 €	400	4.000 €
Durchlass DN600 neue Zufahrt Klinikgelände inkl. Einbau	Stk.	1.800 €	1	1.800 €
Herstellung Umverlegung Meedekanal	m ³	20 €	1650	33.000 €
Entfernung DN600 landwirtschaftl. Überfahrt	Stk.	800 €	1	800 €
SUMME netto (gerundet)				360.000 €

Tabelle 5-3: Kostenschätzung Planzustand 2a

Maßnahme	Einheit	Kosten EP	Menge	Kosten gesamt
Herstellung Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter und Anbindung RRB über 1.230 m (Sohle 1 m) inkl. teilweiser Böschungssicherung und Anbindung an Bestand	m ³	20 €	10425	208.500 €
Anpassung Gefälle Entwässerungsgraben Bahn	m	10 €	760	7.600 €
Anpassung Grabenstrukturen Entwässerung Reiterhof	m	10 €	300	3.000 €
Herstellung Zulaufgraben zum Meedekanal	m ³	20 €	5000	100.000 €
Durchlass DN1200 unter der B72/B210, ca. 30 m Länge	Stk.	300.000 €	1	300.000 €
Herstellung Umverlegung Meedekanal	m ³	20 €	1650	33.000 €
Entfernung DN600 landwirtschaft. Überfahrt	Stk.	800 €	1	800 €
Ersatz DN700 K113 durch DN1200	Stk.	12.000 €	1	12.000 €
Ersatz DN600 durch DN1200 landwirtschaftl. Überfahrt	Stk.	5.000 €	1	5.000 €
SUMME netto (gerundet)				670.000 €

Tabelle 5-4: Kostenschätzung Planzustand 2b

Maßnahme	Einheit	Kosten EP	Menge	Kosten gesamt
Herstellung Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter und Anbindung RRB über 1.230 m (Sohle 1 m) inkl. teilweiser Böschungssicherung und Anbindung an Bestand	m ³	20 €	10425	208.500 €
Anpassung Gefälle Entwässerungsgraben Bahn	m	10 €	760	7.600 €
Anpassung Grabenstrukturen Entwässerung Reiterhof	m	10 €	300	3.000 €
Herstellung Zulaufgraben zum Meedekanal	m ³	20 €	5000	100.000 €
Durchlass DN700 unter der B72/B210, ca. 30 m Länge	Stk.	150.000 €	1	150.000 €
Herstellung Umverlegung Meedekanal	m ³	20 €	1650	33.000 €
Entfernung DN600 landwirtschaft. Überfahrt	Stk.	800 €	1	800 €
Ersatz DN600 durch DN800 landwirtschaftl. Überfahrt	Stk.	2.500 €	1	2.500 €
SUMME netto (gerundet)				506.000 €

6 Hydraulisches Modell

6.1 Hydraulisches 2D-Modell

Die hydrodynamische, zweidimensionale (2D-)Modellierung ermöglicht eine detaillierte Ermittlung der Strömungsverhältnisse, der Geschwindigkeiten, der Fließrichtungen, der Wasserspiegellagen und der Überflutungstiefen. Auf Basis der Ergebnisse einer 2D-Modellierung lassen sich anschließend Maßnahmen und Handlungsempfehlungen entwickeln.

Die 2D-hydrodynamischen Berechnungen wurden in diesem Projekt mit dem Simulationsmodell HYDRO_AS-2D in der Version 2.5.2 durchgeführt. Dieses Modell wird u. a. in Bayern und Baden-Württemberg als Standardwerkzeug zur zweidimensionalen Modellierung von Gewässern und zur Simulation von Oberflächenabflüssen seit Jahren erfolgreich eingesetzt.

Das in HYDRO_AS-2D integrierte Verfahren basiert auf der diskreten Lösung der 2D-tiefen-gemittelten Strömungsgleichungen, auch als Flachwassergleichung bekannt. Das explizite Zeitschrittverfahren sorgt für eine zeitgenaue Simulation des Wellenablaufs. Potenzielle Fließhindernisse in der Modellierung können als Sonderbauwerke oder in Form eines verfeinerten Netzes abgebildet werden. Bauwerke können dabei als durchströmt oder umströmt angenommen werden. Die räumliche Diskretisierung erfolgte mit dem Finite-Volumen Ansatz. In HYDRO_AS-2D wurden folgende, für die Modellierung von Strömungs- und Abflussvorgängen wesentliche Eigenschaften berücksichtigt:

- Massen- und Impulserhaltung,
- hohe Stabilität und Genauigkeit für ein breites Spektrum an Fließverhältnissen und
- zeitgenaue Simulation des Wellenablaufs.

Eine detaillierte Programmbeschreibung kann unter www.hydrotec.de/software/hydro-as-2d/ eingesehen werden.

6.2 Modellerstellung

Zur hydraulischen Analyse der Bestandssituation und zum hydraulischen Nachweis der Planung wurden Berechnungsmodelle für den Bestand (Istzustand) und darauf aufbauend für die Planzustände erstellt. Es wurden dabei separat Modelle für das Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters und das Einzugsgebiet des Meedekanals erstellt (vgl. Abbildung 2-1).

6.2.1 Bestand (Istzustand)

Aufbauend auf dem digitalen Geländemodell (DGM) wurde ein regelmäßiges 2D-Rechennetz mit einer Zellgröße von 1x1 m (Uthwerdumer Vorfluter) und 2x2 m (Meedekanal) für das gesamte Einzugsgebiet erstellt. Im Bereich der übergebenen Flächenvermessung wurden die Vermessungsdaten auf ein 1x1 m Raster interpoliert.

Gebäude wurden anhand der zur Verfügung gestellten Gebäudeumrisse im Modell schematisch anhand einer Standardhöhe (5 m) berücksichtigt (siehe Abbildung 6-1). Im Bereich von Gebäuden wurde das Netz zur verbesserten Abbildung verfeinert.

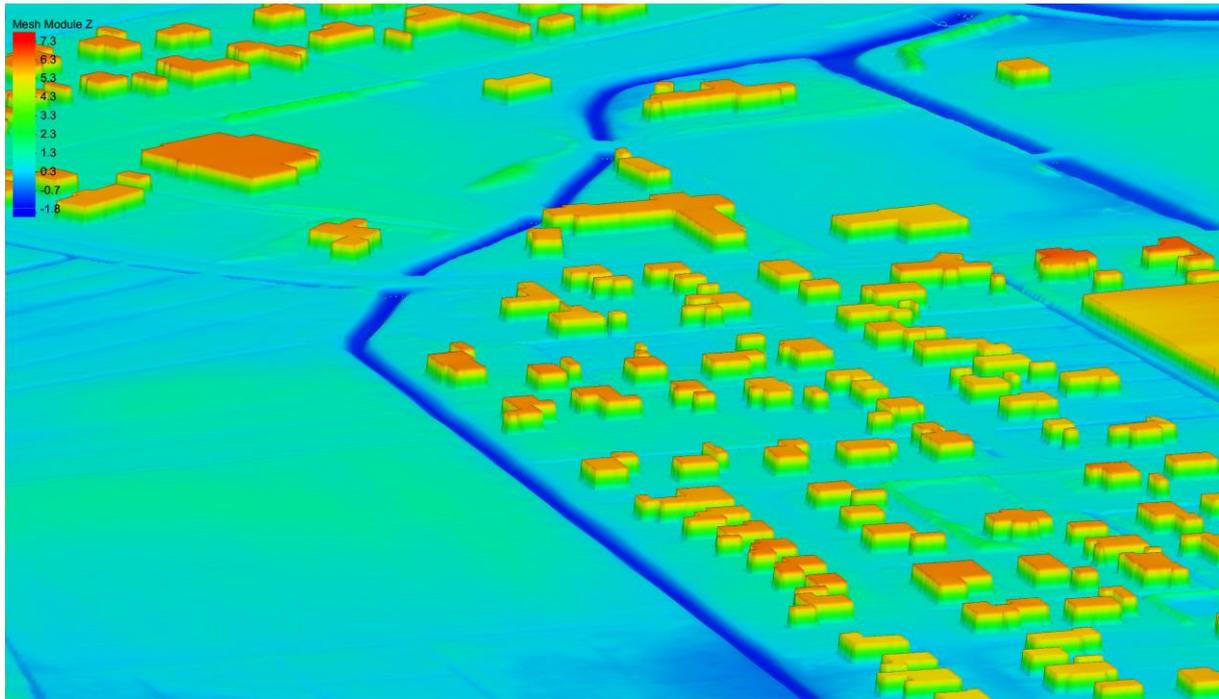


Abbildung 6-1: Abbildung von Gebäude im Berechnungsnetz im Bereich vor der Mündung des Uthwerdumer Vorfluters vor der Mündung in den Abelitz-Moordorf-Kanal (3D-Schrängansicht mit Blick von Osten Richtung Westen)

Die vermessenen Gräben wurden anhand der Vermessungsdaten berücksichtigt und gingen als Bruchkanten in die Modellerstellung ein. In diesem Bereich wurde das Netz zur möglichst detailgetreuen Wiedergabe der Vermessungsdaten ebenfalls verfeinert.

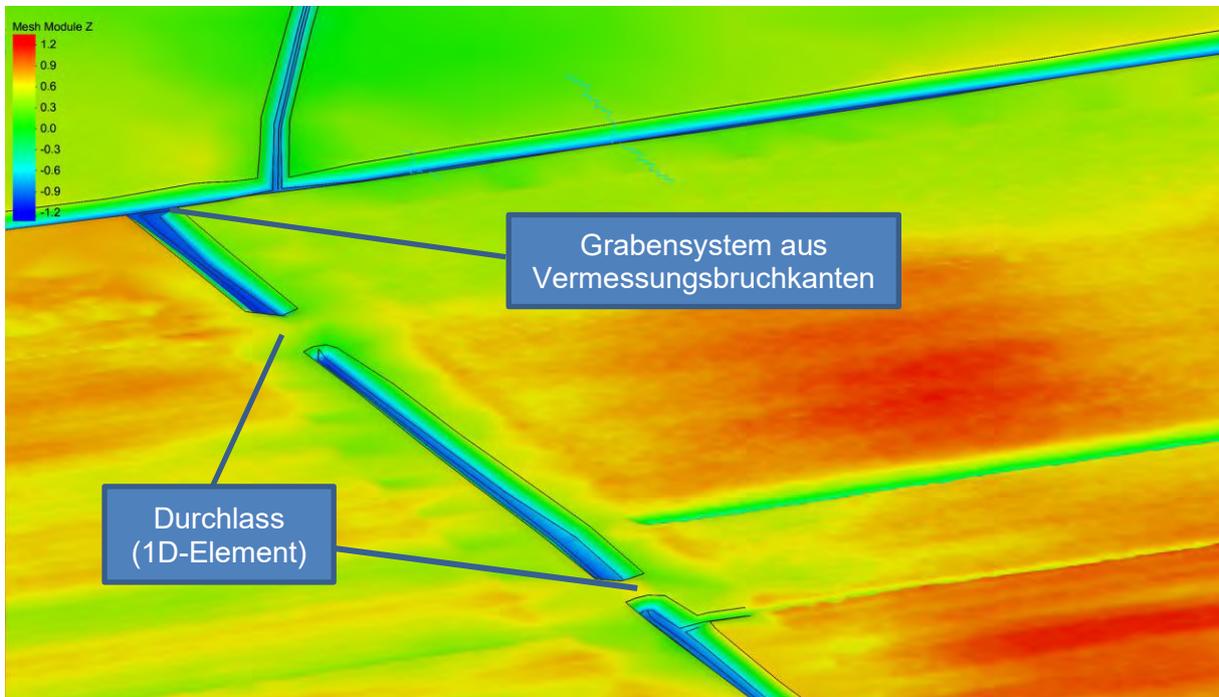


Abbildung 6-2: Berücksichtigung der vermessenen Gräben und Bauwerke (hier Uthwerdumer Vorfluter) im Berechnungsnetz in der 3D-Schrängansicht

Nicht vermessene, aber hydraulisch relevante Gräben wurden manuell anhand des DGM digitalisiert und mittels 5 Bruchkanten im Berechnungsmodell berücksichtigt, um einen möglichst durchgängigen Verlauf zu gewährleisten. Bei der Aufnahme des DGM der Landesvermessung können die Sohlhöhen von Gewässern und Gräben durch die vorhandene Wasserspiegellage nicht korrekt erfasst werden. Aus diesem Grund wurden Sohlhöhen der aus dem DGM abgeleiteten Gräben zusätzlich so bearbeitet, dass die Sohlhöhe in Richtung der Mündung des Grabens in den Vorfluter nicht ansteigt, sondern monoton fallend ist.

Beim Modell des Uthwerdumer Vorfluters handelte es sich hier aufgrund der umfassenden Vermessungsdaten zu den Hauptgewässern nur um kleinere Entwässerungsgräben, die in dieser vereinfachten Weise modelliert wurden. Beim Modell des Meedekanals wurde der Großteil des Meedekanals nicht vermessen. Dieser Bereich wurde, wie oben beschrieben, aus dem DGM der Landesvermessung berücksichtigt (Abbildung 6-3).

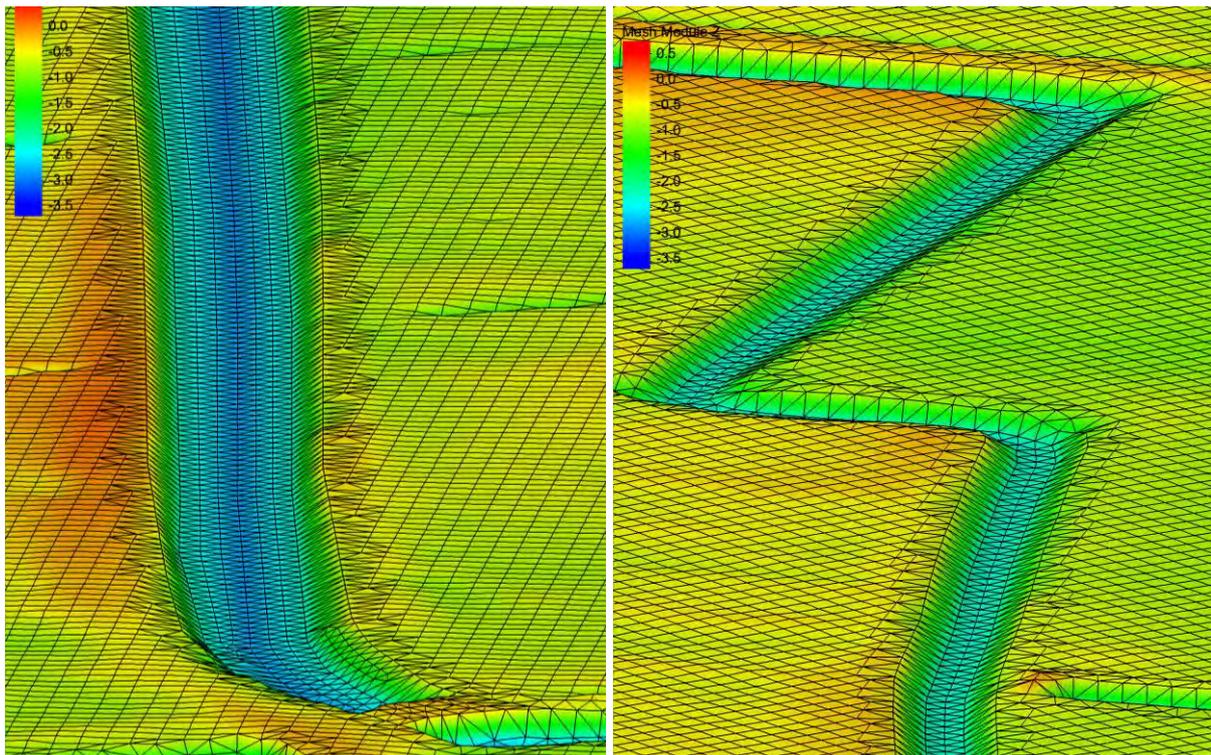


Abbildung 6-3: Berücksichtigung des nicht vermessenen Bereichs des Meedekanals anhand von Bruchkanten im Berechnungsnetz in der 3D-Schrägsicht (links: Unterlauf, rechts: Oberlauf)

Bauwerke, z. B. Durchlässe in den Gräben, sind über sogenannte 1D-Elemente unter Berücksichtigung der Abmessungen bzw. des Durchmessers in das Rechenetz eingefügt worden (siehe auch Abbildung 6-2).

Neben der Geometrie wirkt sich auch die Oberflächenbeschaffenheit des Untersuchungsgebiets auf die Abflussbildung aus. Diese wurde in Form von Oberflächenrauheiten im Modell abgebildet. Die Vergabe der Rauheiten erfolgte auf Basis der Flächennutzungsdaten (Quelle: Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) (2019))

Für die Gräben wurde die Rauheit manuell auf Basis der Erkenntnisse aus der Ortsbegehung vergeben. Die im Modell angesetzten Rauheiten können Tabelle 6-1 entnommen werden.

Tabelle 6-1: Materialien bzw. Nutzungen und zugehörige Rauheitsbeiwerte in den Modellen

Materialname/Nutzung	Rauheitsbeiwert k_{st} in $m^{1/3}/s$
Bahnverkehr	30
Dachflächen	50
Flächen_besonderer_funktionaler_Prägung	17
Flächen_gemischter_Nutzung	17
Fließgewässer/Graben	25
Friedhof	20
Gehölz	10
Hafenbecken	40
Halde	10
Industrie_und_Gewerbeflächen	20
Landwirtschaft	20
Moor	20
Platz	45
Schiffsverkehr	40
Sport_und_Freizeitflächen	25
Stehendes_Gewässer	32
Straßenverkehr	50
Sumpf	33
Tagebaugrube_Steinbruch	20
UnlandVegetationsflächen	15
Wald	10
Weg	40
Weg_Pfad_Steig_Flächen	40
Wohnbaufläche	20

6.2.2 Planung (Planzustände)

In der Entwicklungsphase der Planzustände wurden mehrere Zwischenzustände erstellt und hydraulisch berechnet. Die daraus resultierende Gewässerplanung wird in Kapitel 5 beschrieben. Die Zwischenzustände bilden die Grundlage für die Auswahl der endgültigen Planzustände und den hydraulischen Nachweis in dieser Untersuchung.

Die hydraulischen Modelle wurden, basierend auf den Modellen des Istzustandes, anhand der Gewässerplanung und der übergebenen ZKG-Höhenplanung überarbeitet. Daraus resultierten die folgenden Modelle für die Abbildung der Planzustände:

- Uthwerdumer Vorfluter: Planzustand 1 und 1a (siehe Abbildung 6-4)
 - Berücksichtigung der Gewässerplanung für den Uthwerdumer Vorfluter und den Uthwerdumer Äckerschloot (siehe Kapitel 5.1.1 und 5.1.2)
 - Keine hydraulische Verbindung zum Meedekanal
 - Berücksichtigung der Geländeplanung ZKG nach Vorgabe Landschaftsarchitekt WES
 - Abbildung des RRB-Volumens nach Vorgabe IST
 - Übernahme der Zuflüsse entsprechend Kapitel 4.1.1.2

- Uthwerdumer Vorfluter: Planzustand 2
 - Berücksichtigung der Gewässerplanung für den Uthwerdumer Vorfluter und den Uthwerdumer Äckerschloot (siehe Kapitel 5.1.1 und 5.1.2)
 - Entwässerungsgraben und Überleitung zum Meedekanal über einen Durchlass unter der B72/B210 DN1200 (freier Auslauf)
 - Berücksichtigung der Geländeplanung ZKG nach Vorgabe Landschaftsarchitekt WES
 - Abbildung des RRB-Volumens nach Vorgabe IST
 - Übernahme der Zuflüsse entsprechend Kapitel 4.1.1.2
- Meedekanal: Planzustand 2a und 2b
 - Berücksichtigung der Gewässerplanung für den Meedekanal (siehe Kapitel 5.1.3)
 - Berücksichtigung des Durchlasses unter der Kreisstraße K113 (DN700 und DN1200)
 - Übernahme der Zuflüsse entsprechend Kapitel 4.1.2.2

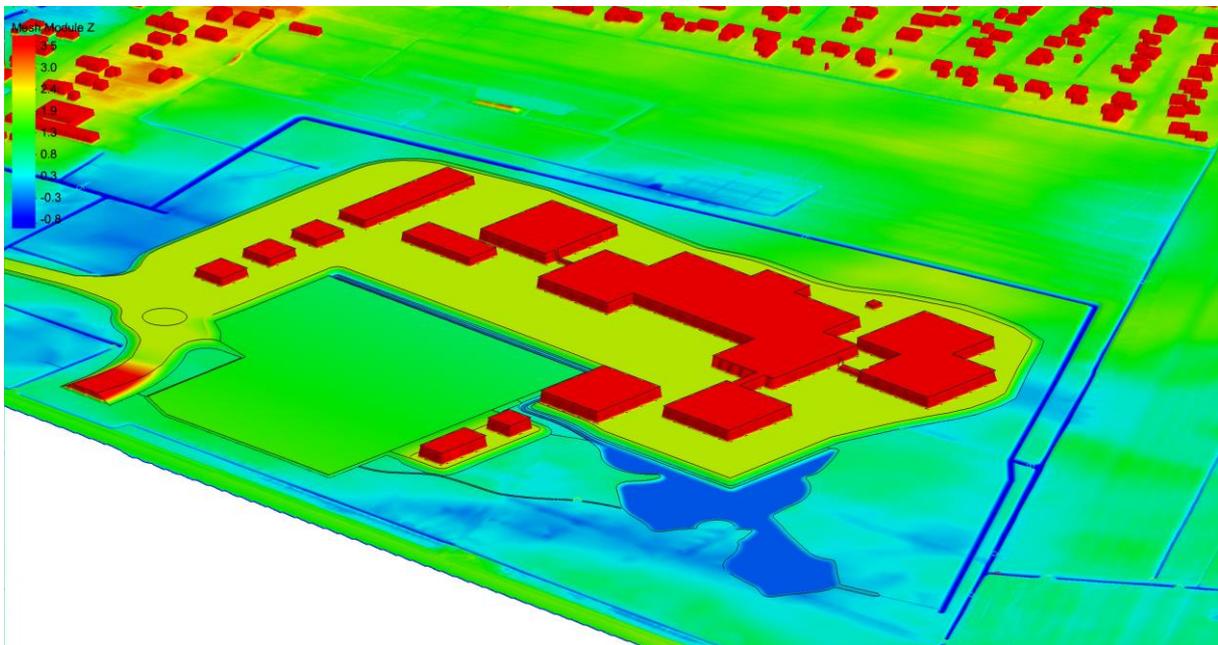


Abbildung 6-4: Darstellung des Planzustands 1 des Modells Uthwerdumer Vorfluter in der 3D-Schrägansicht

6.3 Modellanwendung

Für den hydraulischen Nachweis der hochwasserunschädlichen Ableitung der Abflüsse für das geplante ZKG-Gelände wurden die hydraulischen Modelle des Istzustands und der Planzustände mit den in Kapitel 4.1 beschriebenen Abflüssen belastet. Die ermittelten Abflüsse werden als stationäre Zuflüsse im 2D-Modell jeweils oberhalb des jeweiligen Teileinzugsgebiets in die Gräben eingeleitet. Mit Hilfe des hydraulischen Modells wurden die zugehörigen Wasserspiegel berechnet und gegenübergestellt. Für die Bewertung der Einflüsse der Planungen auf den Abfluss im Einzugsgebiet werden die Ergebnisse der Planzustände den Ergebnissen des Istzustands gegenübergestellt.

Für den Nachweis der Hochwasserunschädlichkeit sind die Differenzen zwischen dem heutigen Zustand und dem Planzustand relevant. Daher ist es wichtig, dass die hydraulischen Randbedingungen bzw. alle außer der Planung betreffenden Parameter (Belastung, Simulationszeitraum, Rauheiten, etc.) für alle Zustände gleich gewählt werden. Aufgrund der Topografie und der Entwässerungsverhältnisse ist der Unterwasserstand als untere Modellrandbedingung besonders wichtig.

Für diese wurden in Abstimmung mit dem EVE und dem Landkreis Aurich folgende Wasserstände gesetzt:

- **Meedekanal**

Über das HUSW Victorburer Meede wird im Winter der Wasserstand im Meedekanal zwischen -1,83 m und -2,1 m (Mittelwert = -1,95 m), im Sommer zwischen -1,7 m und -2,0 m (Mittelwert = -1,85 m) gehalten.

In den 2D-Modellen für Ist- und Planzustand wurde das Pumpwerk vereinfacht über eine unterwasserseitige Randbedingung abgebildet:

Ab einem Wasserstand von -1,95 mNN wird mit einer Pumpleistung von max. 3.000 l/s das Wasser wegbefördert. Im Modell stellt sich somit je nach Schöpfleistung ein Wasserstand von ca. -1,94 mNN bis -1,90 mNN am Schöpfwerk ein.

- **Uthwerdumer Vorfluter**

Für die Untersuchung lagen keine Messungen im Abelitz-Moordorf-Kanal im Bereich der Mündung des Uthwerdumer Vorfluters vor, die als Grundlage für die Festlegung eines Unterwasserstandes herangezogen werden konnten. Daher wurde dieser auf Grundlage der vorliegenden Informationen aus dem KLEVER-Projekt und dem Pegel Bedekaspeler Marsch abgeschätzt. Aufgrund der flachen Topografie steht als Spielraum für die Regulierung der Vorflutgewässer lediglich ein Freibord von maximal 50 cm zur Verfügung. Am Pegel Badekaspeler Marsch wird daher ab einem Wasserstand von -1,1 m von erhöhtem Wasserstand ausgegangen. Bei -0,9 m ist bereits ein kritischer Wasserstand erreicht. Das DGM weist für das umliegende Gelände des Pegels entsprechende Höhen von -0,3 bis -0,4 m aus.

In den 2D-Modellen für Ist- und Planzustand wurde der Startwasserstand für die Berechnung im Abelitz-Moordorf-Kanal daher mit -0,7 m (50 cm Freibord zum angrenzenden Gelände) festgelegt.

Aktuell werden Abfluss- und Wasserstandmessungen im Abelitz-Moordorf-Kanal durchgeführt. Ergebnisse dieser Messungen sollten im weiteren Verlauf der Planungen zur Validierung der gewählten Werte herangezogen werden.

7 Modellergebnisse HQ100

7.1.1 Istzustand

Der Istzustand beschreibt die heutige Entwässerungssituation im betrachteten Einzugsgebiet und dient als Referenzzustand für die Bewertung der Entwässerungssituation der Planzustände.

7.1.1.1 Uthwerdumer Vorfluter

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung HQ100 zeigen, dass es im Ober- und Unterlauf des Planungsraums zu keinen maßgeblichen Ausuferungen im Siedlungsbereich kommt. Im Bereich des geplanten Klinikums kommt es im Bestand vereinzelt zu Ausuferungen auf die landwirtschaftlichen Flächen, da die vorhandene Grabenstruktur für den Abfluss keine ausreichende Kapazität aufweist (Abbildung 7-1).

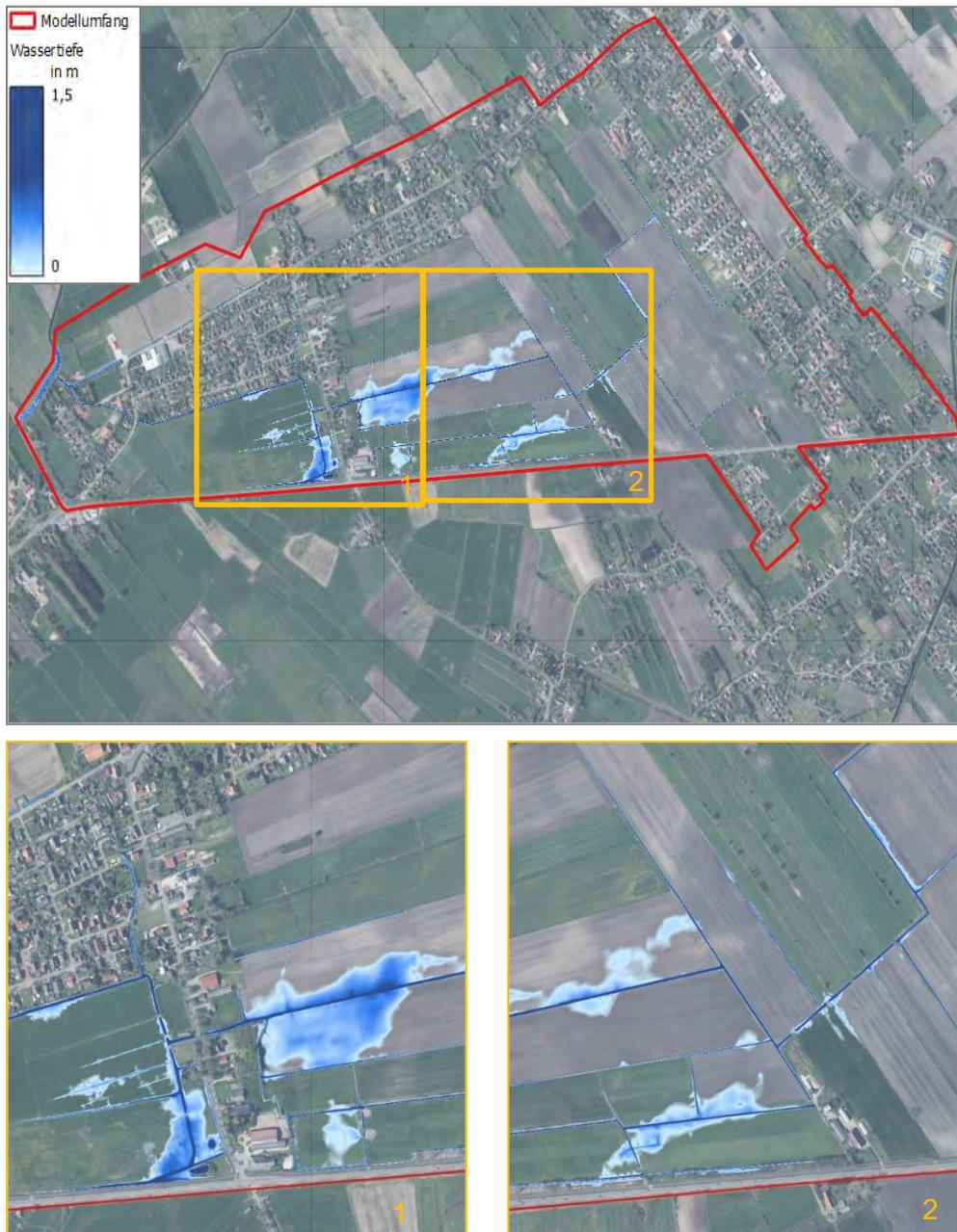


Abbildung 7-1: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Istzustand – Hydraulische Berechnung HQ100

7.1.1.2 Meedekanal

Die Simulationsergebnisse zeigen keine Ausuferungen im Istzustand für das HQ100 im Meedekanal (Abbildung 7-2). Am Schöpfwerk stellt sich ein Wasserstand von -1,94 mNN bei einer max. Förderleistung von ca. 2,75 m³/s ein. Der Gesamtabfluss aus dem Einzugsgebiet des Meedekanal beträgt ca. 2,75 m³/s (s. Kapitel 4.1.2.1). Demnach kommt es zu keinem Rückstau vor dem HUSW.

Die Kapazitäten des HUSW für einen zusätzlichen Zufluss können bis zum Erreichen der derzeitigen Pumpleistung von 3 m³/s ausgeschöpft werden.

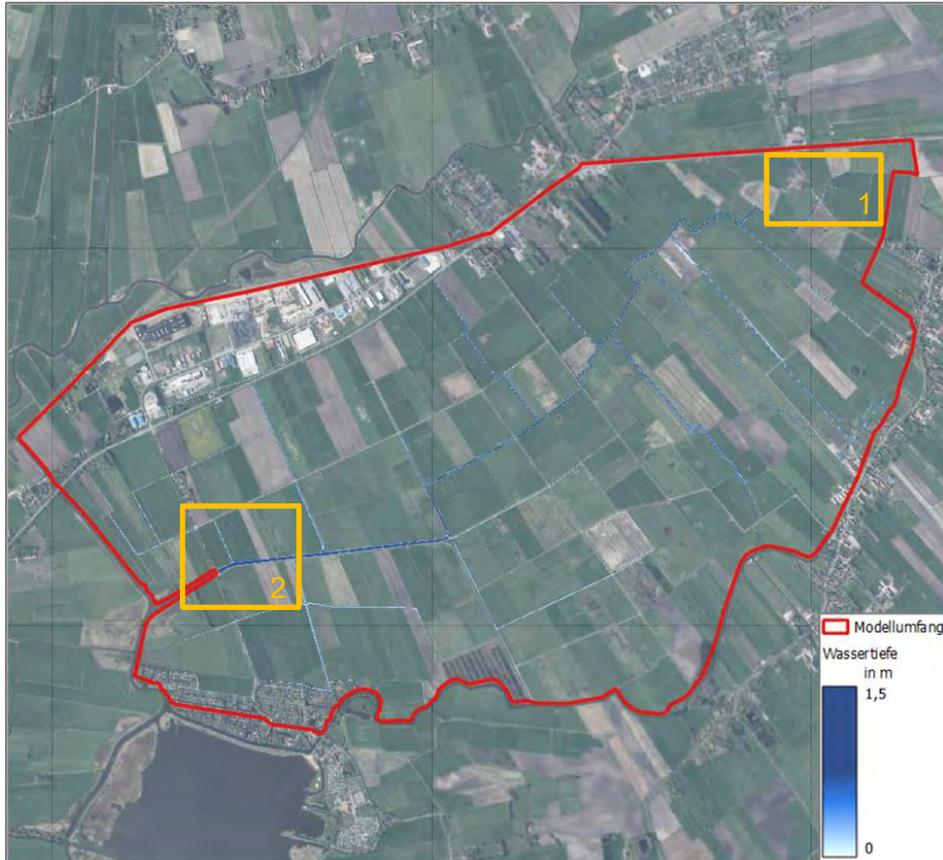


Abbildung 7-2: Wassertiefen Meedekanal Bestand – Hydraulische Berechnung HQ100

7.1.2 Planzustand 1

In Planzustand 1 und 1a wird ein Teilabschnitt des Uthwerdumer Vorfluters verlegt und fließt nördlich um das ZKG Gelände herum. Eine Überleitung zu dem Einzugsgebiet des Meedekansals findet nicht statt (siehe Kapitel 3.1).

7.1.2.1 Uthwerdumer Vorfluter

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung HQ100 des Uthwerdumer Vorfluters für Planzustand 1 zeigt die nachfolgende Abbildung.

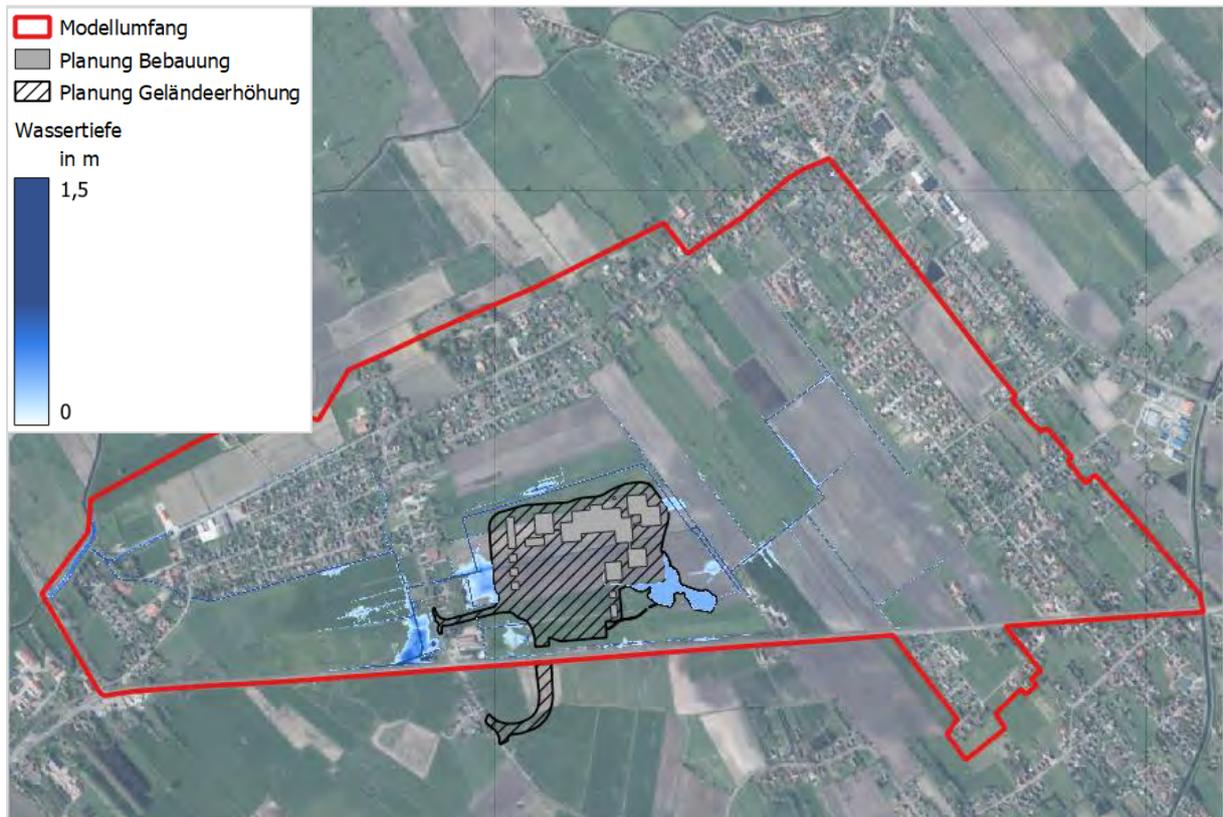


Abbildung 7-3: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100

Auf dem ZKG Gelände bleiben, die bereits im Bestand festgestellten Ausuferungen östlich der K115 und der Reithalle bestehen (Abbildung 7-4). Östlich der Reithalle sinken die Wasserspiegellagen der Ausuferungsfläche um ca. 3 cm gegenüber dem Istzustand.

Nördlich der ZKG-Bebauung erreicht der Wasserspiegel im umverlegten Uthwerdumer Vorfluter die rechte Böschungsoberkante und fließt über das Gelände in den Bestandsgraben, wo es zu Ausuferungen kommt. Diese können durch die Anpassung des Geländes in diesem Bereich (Geländeerhöhung oder Verwallung) verhindert werden, sodass keine Beeinflussung des Abflusses in dem bestehenden Entwässerungsgraben durch den Uthwerdumer Vorfluter entsteht.

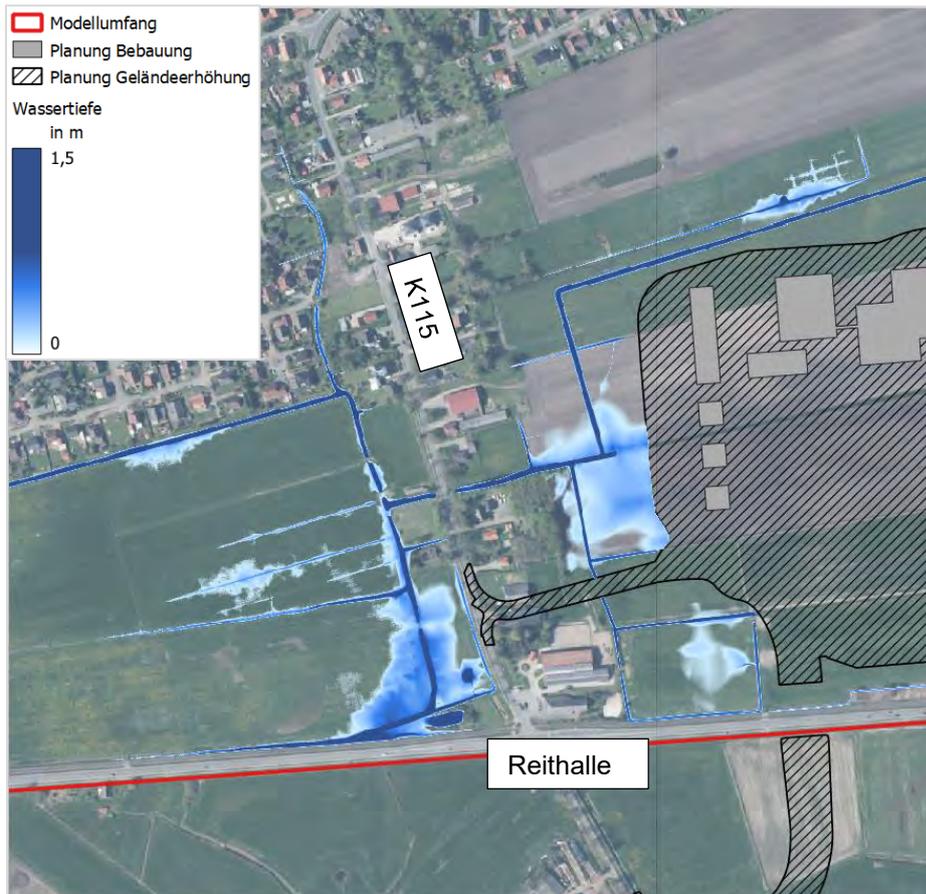


Abbildung 7-4: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 - Bereich K115

Östlich des ZKG Geländes kommt es innerhalb des Planungsraums in zwei Bereichen zu unkontrollierten Übergängen zwischen dem umverlegten Graben und den Bestandsgräben (s. (1) und (2) in Abbildung 7-5). Auch hier kann dies im Zuge der Freiraumplanung durch Anpassungen im Gelände verhindert werden. Siedlungsbereiche sind im Planzustand 1 von Ausuferungen nicht betroffen.

Die Anlagen 1 und 3 zeigen die berechneten Wasserspiegellagen für das HQ100 der Planzustände und des Bestands im hydraulischen Längsschnitt und in den Querprofilen.

Im Planzustand 1 liegt der Wasserspiegel innerhalb des umverlegten Uthwerdumer Vorfluters um bis zu 10 cm über dem Wasserspiegel im heutigen Gewässerverlauf. Die erhöhten Wasserspiegel resultieren aus dem durch die Bebauung verlorengegangenen Retentionsraum auf dem Planungsgelände. Im Istzustand werden bei einem HQ100-Abfluss ca. 20.000 m³ im Planungsraum innerhalb der Gewässer und Gräben sowie in den Ausuferungsflächen retendiert. Im Planzustand 1 muss das gleiche Abflussvolumen trotz fehlender Entwässerungsgräben und Überflutungsflächen (im Bereich der Warft) retendiert werden. Daher erhöht sich der Wasserspiegel in der geplanten Umverlegung. Die Sohlbreite von 1 m ist so gewählt, dass das Volumen im Gewässer ausreicht, die Erhöhung des Wasserspiegels innerhalb des Planungsraums zu halten.

Die Abweichungen der Wasserspiegellagen zwischen Bestand und Planzustand 1 beschränken sich auf den Planungsraum. Zwischen den beiden letzten landwirtschaftlichen Überfahrten (siehe Abbildung 7-5) östlich des ZKG-Geländes wird eine Erhöhung von 3 cm gegenüber dem Istzustand berechnet. Eine Beeinflussung des Wasserspiegels im Uthwerdumer Vorfluter östlich des Planungsraumes Richtung Nasses Dreieck ist nicht gegeben.

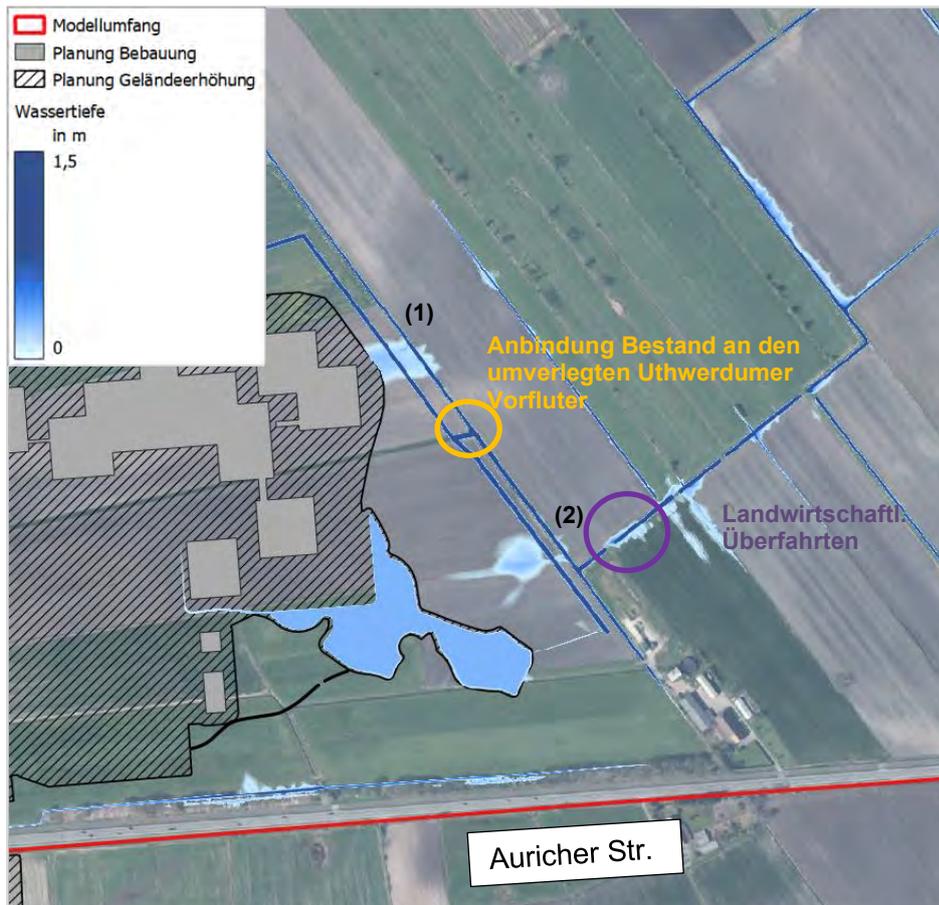


Abbildung 7-5: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 - oberhalb ZKG Gelände

7.1.2.2 Meedekanal

In Planzustand 1 besteht keine hydraulische Verbindung zum Meedekanal - es sind keine Beeinflussungen durch das geplante ZKG-Gelände auf die Entwässerung im Meedekanal zu erwarten. Daher wurde für diese Variante keine Modellierung mit dem 2D-Modell Meedekanal durchgeführt.

7.1.3 Planzustand 1a

Um eine Beeinflussung der Entwässerung der angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen durch den höheren Wasserstand im umverlegten Uthwerdumer Vorfluter auszuschließen, wurden für den umverlegten Uthwerdumer Vorfluter eine weitere, größere Profilgeometrie bemessen. Ziel war die Ableitung des HQ100 mit gleichem Wasserstand wie im Istzustand. Das Ergebnis der Bemessung war eine erforderliche Breite der Sohle von 3,2 m. Mit einer Sohlbreite von 3,2 m (Planzustand 1a) kann der Retentionsverlust im Gelände durch die Überbauung einiger Gräben und den Wegfall der Überflutungsflächen ausgeglichen werden. Im Übrigen entspricht der Planzustand 1a dem Planzustand 1.

7.1.3.1 Uthwerdumer Vorfluter

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung HQ100 des Uthwerdumer Vorfluters für Planzustand 1a zeigt Abbildung 7-6.

Die Ergebnisse zeigen hinsichtlich der Ausuferungen die gleichen Ergebnisse wie im Planzustand 1.

Auf dem ZKG Gelände bleiben, die Ausuferungen östlich der K115 und der Reithalle bestehen (Abbildung 7-7). Östlich der Reithalle sinken die Wasserspiegellagen der Ausuferungsfläche um ca. 3 cm. Nördlich der ZKG-Bebauung erreicht auch der geringere Wasserspiegel im umverlegten Uthwerdumer Vorfluter die rechte Böschungsoberkante und fließt über das Gelände in den Bestandsgraben, wo es zu Ausuferungen kommt. Diese können durch die Anpassung des Geländes in diesem Bereich (Geländeerhöhung oder Verwallung) verhindert werden, so dass keine Beeinflussung des Abflusses in dem bestehenden Entwässerungsgraben durch den Uthwerdumer Vorfluter entsteht.

Oberhalb des ZKG Geländes kommt es auch hier zu zwei unkontrollierten Übergängen zwischen dem umverlegten Graben und dem Bestand (s. (1) und (2) in Abbildung 7-8).



Abbildung 7-6: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100

Die Ergebnisse des Planzustands 1a ist im hydraulischen Längsschnitt in Anlage 1 und in den Profilen in Anlage 4 dargestellt. Im Planzustand 1a liegt der Wasserspiegel im gesamten Planungsbereich nahezu gleich dem Istzustand (Bereichsweise Abweichungen von 1 bis 2 cm).

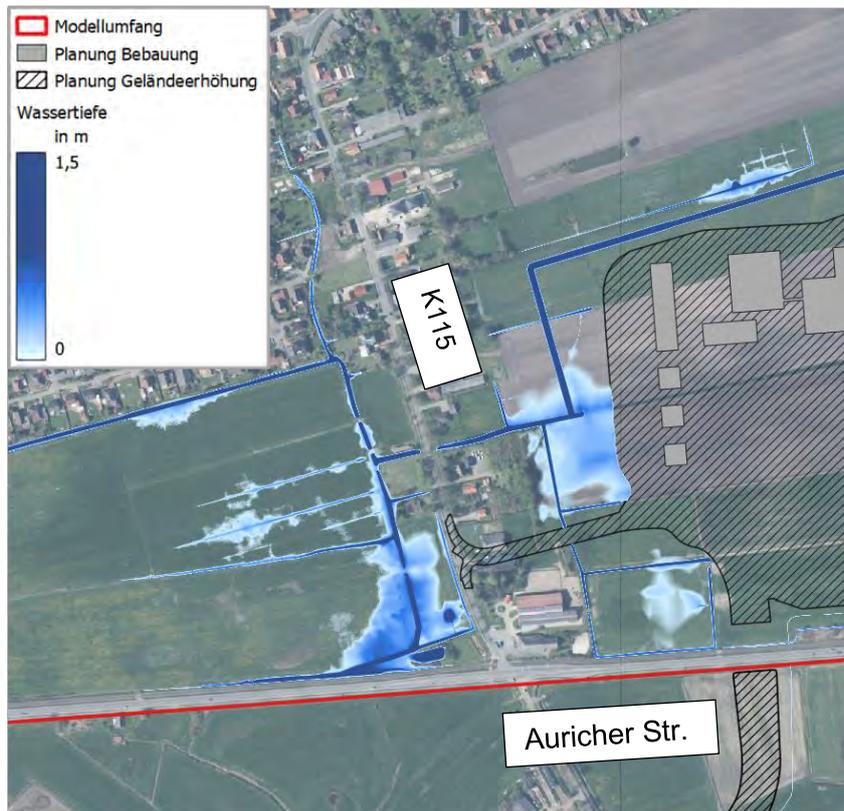


Abbildung 7-7: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 - Bereich K115

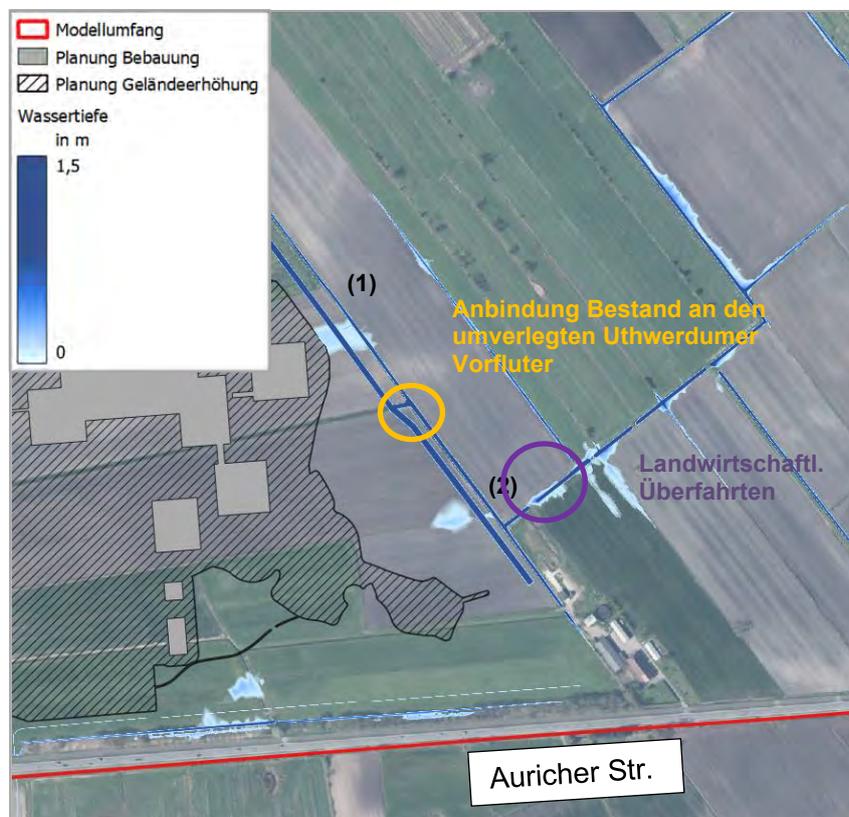


Abbildung 7-8: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 - oberhalb ZKG Gelände

7.1.3.2 Meedekanal

In Planzustand 1a besteht keine hydraulische Verbindung zum Meedekanal - es sind keine Beeinflussungen durch das geplante ZKG-Gelände auf die Entwässerung im Meedekanal zu erwarten. Daher wurde für diese Variante keine Modellierung mit dem 2D-Modell Meedekanal durchgeführt.

7.1.4 Planzustand 2

Im Planzustand 2 ist eine Überleitung von Teilabflüssen aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters zum Meedekanal vorgesehen. Der Notüberlauf des geplanten RRB auf dem ZKG-Gelände wird über einen neu zu erstellendem Graben parallel zur B72/B210 zum Bereich der neu zu erstellenden Brücke geführt und dort, gemeinsam mit den Teilabflüssen des anliegenden Reiterhof und der Bahn, unter der Bahn und der B72/B210 über einen Durchlass Richtung Meedekanal geleitet. Die übrige Planung im Gebiet entspricht dem Planzustand 1 (siehe Kapitel 3.2).

7.1.4.1 Uthwerdumer Vorfluter

Die Ergebnisse aus der hydraulischen Berechnung des HQ100 im Planzustand 2 zeigt die Abbildung 7-9.

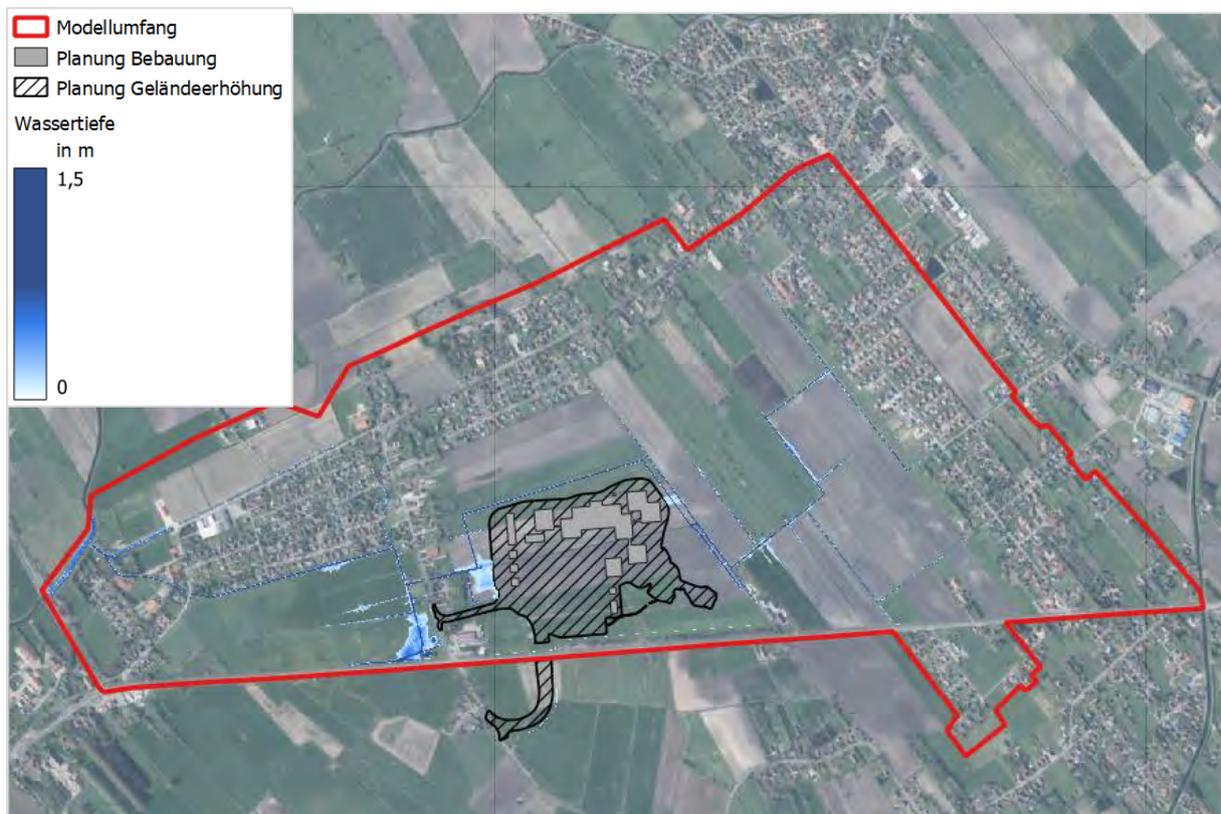


Abbildung 7-9: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100

Die Abbildung 7-10 zeigt die maximalen Wassertiefen im Bereich der K115. Auf dem ZKG Gelände kommt es weiterhin östlich der K115 zu Ausuferungen aus dem Uthwerdumer Vorfluter, welche sich jedoch im Vergleich zum Istzustand verringern. Östlich der Reithalle treten keine Überflutungen im Planzustand 2 auf.

Durch den reduzierten Abfluss liegt der Wasserspiegel im unverlegten Uthwerdumer Vorfluter um ca. 10 cm unter dem Wasserspiegel im Istzustand (siehe Anlage 1). Dadurch liegt der Wasserspiegel im nördlichen Gewässerabschnitt unter der Böschungsoberkante und es tritt

kein Wasser in den nördlich gelegenen Entwässerungsgraben über. Eine Anpassung des Geländes wäre somit hier nicht erforderlich.

Östlich des ZKG Geländes kommt es innerhalb des Planungsraums auch in Planzustand 2 in zwei Bereichen zu unkontrollierten Übergängen zwischen dem umverlegten Graben und den Bestandsgräben (s. (1) und (2) in Abbildung 7-11). Auch hier kann dies im Zuge der Freiraumplanung durch Anpassungen im Gelände verhindert werden. Siedlungsbereiche sind im Planzustand 2 von Ausuferungen nicht betroffen.

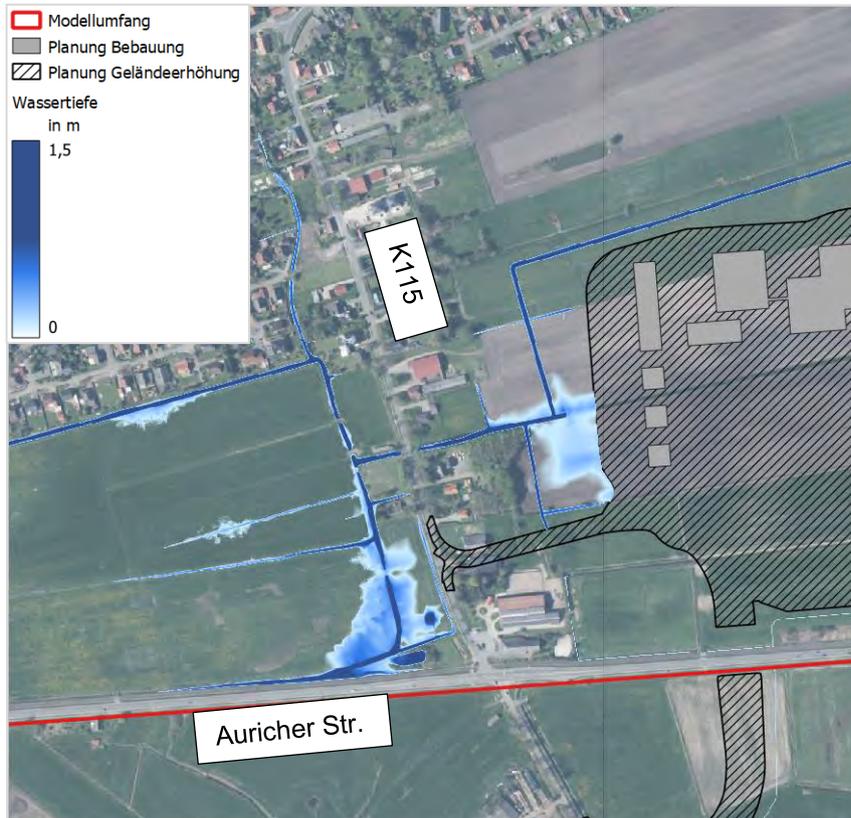


Abbildung 7-10: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 - Bereich K115

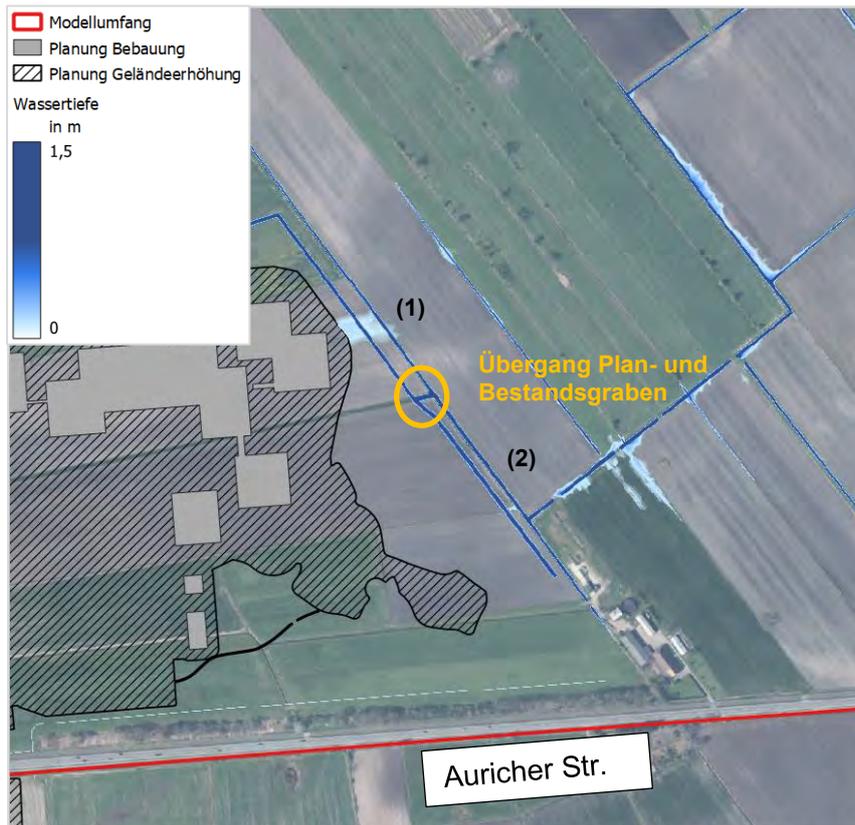


Abbildung 7-11: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 - oberhalb ZKG Gelände

Die Ergebnisse der Planzustände und des Bestands sind zum Vergleich im Längsschnitt in Anlage 1 und in den Profilen in Anlage 3 abgebildet.

Innerhalb des Planungsraums reduziert sich der Wasserspiegel in Planzustand 2 um bis zu 12 cm gegenüber dem Istzustand. Eine Beeinflussung des Wasserspiegels im Uthwerdumer Vorfluter westlich und östlich des Planungsraumes (Richtung Nasses Dreieck) ist nicht gegeben.

7.1.4.2 Meedekanal

Die Simulationsergebnisse des Planzustands 2 zeigen für den Meedekanal oberhalb der K113 mit dem bestehenden Durchlass DN700 und einem ungedrosselten Zuflusses von 1.280 l/s aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters Ausuferungen durch Überlastung der Leistungsfähigkeit des Durchlasses (Abbildung 7-12).

Die Überschreitung der Leistungsfähigkeit verursacht rückstaubedingte Ausuferungen in die benachbarten Landwirtschaftlichen Flächen (siehe auch Kapitel 4.1.3). Zusätzlich befinden sich heute unmittelbar ober- und unterhalb der K113 zwei weitere Durchlässe DN600 (landwirtschaftliche Überfahrten), die die Situation verschärfen. Unterhalb der K113 kommt es zu keinen weiteren Ausuferungen des Meedekanals. Der Wasserspiegel liegt bis 1 km vor dem Pumpwerk ca. 20 cm über dem Wasserspiegel des Istzustandes.

Am HUSW Victorburer Meede wird für diesen Zustand ein maximaler Zufluss von ca. 3.000 l/s berechnet, welcher der aktuellen Leistungsfähigkeit des HUSW entspricht und ohne Rückstau weggeführt werden kann.

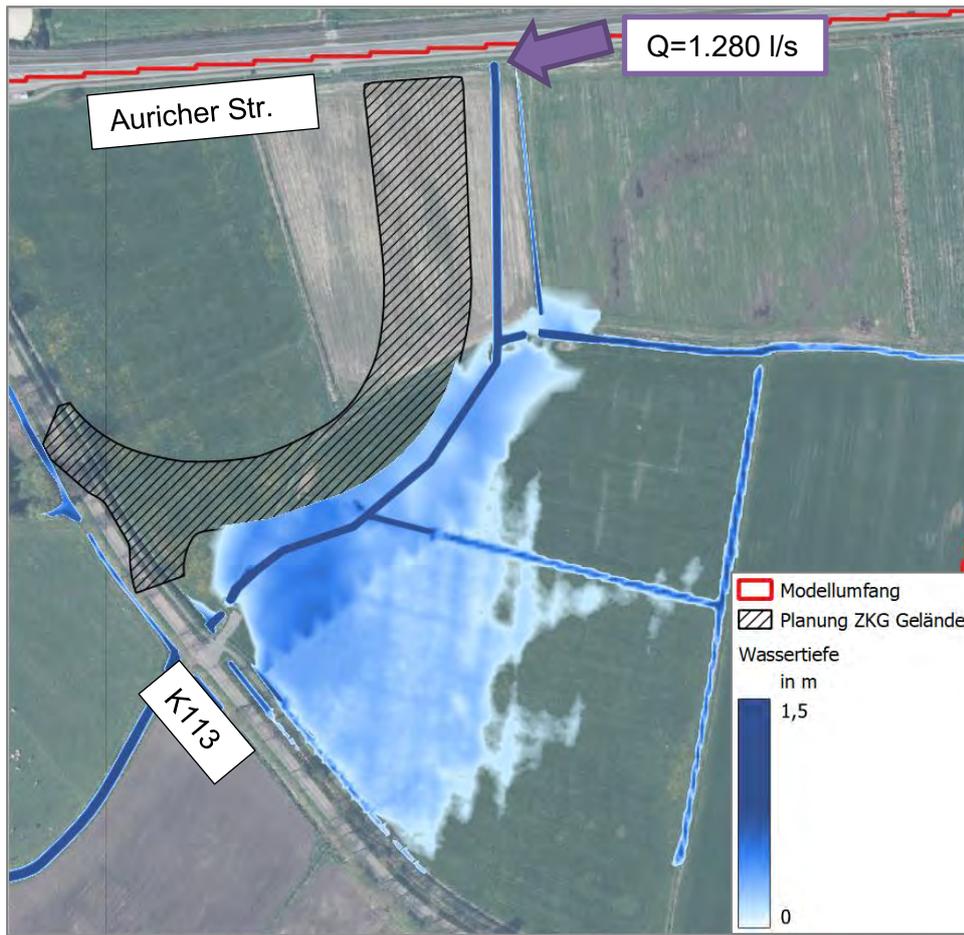


Abbildung 7-12: Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100

Die Ergebnisse des Planzustandes 2 zeigen, dass für die Überleitung der Entlastungswassermenge aus dem RRB weitere Maßnahmen im Meedekanal erforderlich sind, daher wurden 2 weitere Varianten 2a und 2b betrachtet (siehe Kapitel 3.2). Die Simulationsergebnisse aus diesen Planzuständen sind in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

7.1.5 Planzustand 2a

In Planzustand 2a wird der Planzustand 2 dahingehend modifiziert, dass der östlich der K113 liegende Durchlass für die landwirtschaftliche Überfahrt entfernt wird, da dieser durch die Maßnahmen der Straßenplanung nicht mehr erforderlich ist.

Die beiden weiteren Durchlässe im Meedekanal (K113 und landwirtschaftliche Überfahrt westlich der K113) werden jeweils durch ein DN1200 ersetzt, um einen rückstaufreien Abfluss zu gewährleisten. Der Entlastungsabfluss aus dem RRB fließt ungedrosselt dem Meedekanal zu.

7.1.5.1 Uthwerdumer Vorfluter

Die Änderungen in Planzustand 2a gegenüber dem Planzustand 2 wirken sich nicht auf die Abflüsse im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters aus, daher wurde dieser Zustand im 2D-Modell der Uthwerdumer Vorfluters nicht simuliert.

7.1.5.2 Meedekanal

Die Berechnungsergebnisse für den Planzustand 2a zeigen eine deutliche Verringerung der Überflutung oberhalb der K113 (Abbildung 7-13). Diese könnten durch eine Vergrößerung der

Profilquerschnitte in diesem Bereich oder durch Anpassungen der Geländehöhen beseitigt werden. Weitere Ausuferungen am Meedekanal werden nicht berechnet.

Durch den langen Fließweg und die langsame Fließgeschwindigkeit im Meedekanal (träges System) kann das HUSW trotz des erhöhten Zuflusses den Zielwasserstand von ca. -1,94 mNN mit der vorhandenen Schöpfleistung von 3.000 l/s halten. Der zusätzliche Abfluss im Oberlauf des Meedekanal verteilt sich als Volumen weiter über den Verlauf im Gewässersystem des Meedekanal mit den seitlich angeschlossenen Nebengräben.

Im Oberlauf des Meedekanal kommt es auf einer Länge von ca. 3,8 km zu einer Änderung der Wasserspiegellage. Dabei liegt der maximale Wasserspiegelanstieg bei ca. 60 cm (oberhalb der K113). Durch die Drosselwirkung des Durchlasses (und des direkt unterhalb liegenden Durchlasses der landwirtschaftlichen Überfahrt) liegt der Wasserspiegel 50 m weiter - unterhalb der genannten Durchlässe – noch 33 cm über dem des Istzustands. Im weiteren Verlauf gleicht sich der Wasserspiegellagen aus dem Planzustand 2a dem des Istzustands bis ca. 1 km vor dem Schöpfwerk an. Ab hier sind die Wasserspiegel für den Planzustand 2a gleich denen des Istzustands. Der hydraulische Längsschnitt in Anlage 2 zeigt die berechneten Wasserspiegel im gesamten Verlauf des Meedekanal.

Die Dauer des Wasserspiegelanstiegs gegenüber dem Istzustand liegt entsprechend der Dauer des Entlastungsereignisses aus dem RRB bei ca. 3 h.

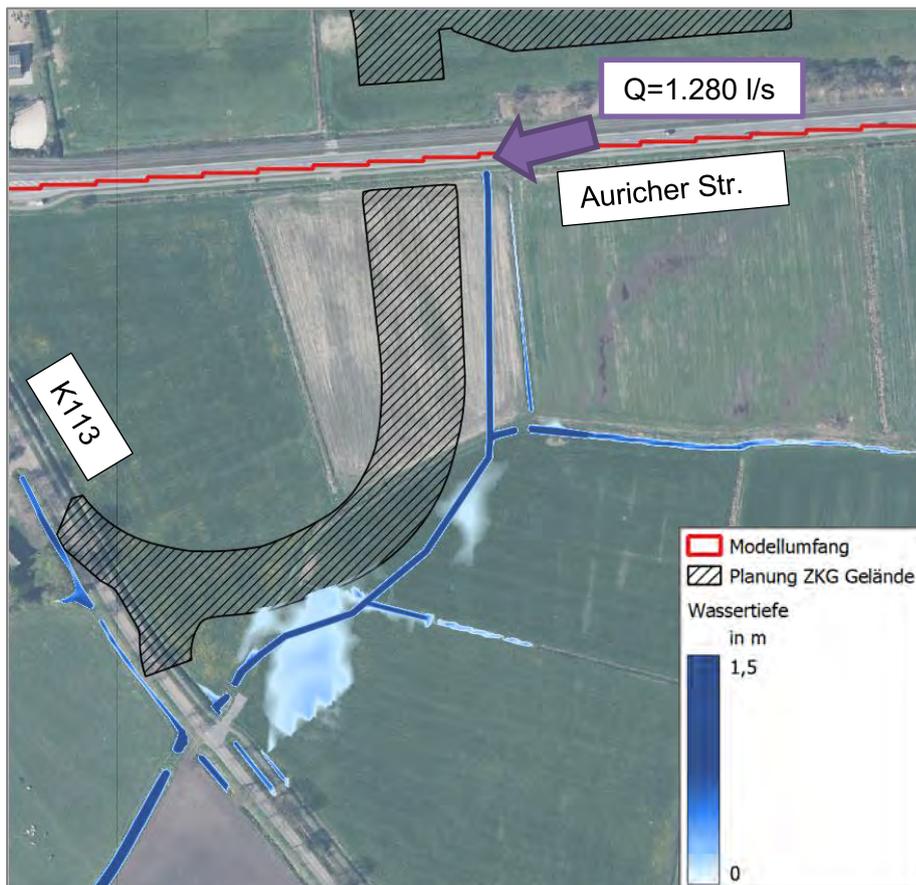


Abbildung 7-13: Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2a – Hydraulische Berechnung HQ100

7.1.6 Planzustand 2b

In Planzustand 2b wird analog zu Planzustand 2a der östlich der K113 liegende Durchlass für die landwirtschaftliche Überfahrt entfernt, da dieser durch die Maßnahmen der Straßenplanung nicht mehr erforderlich ist.

In Planzustand 2b wird der Entlastungsabfluss aus dem RRB auf 553 l/s gedrosselt, dass der Gesamtzufluss aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters zum Meedekanal maximal 600 l/s beträgt (siehe Kapitel 4.1.3). Der Durchlass unter der K113 bleibt mit DN700 bestehen, der Durchlass der landwirtschaftlichen Überfahr westlich der K113 wird durch ein DN800 ersetzt.

7.1.6.1 Uthwerdumer Vorfluter

Es wurden 2 Lösungen für die Umsetzung der Maßnahme in Planzustand 2b für den Uthwerdumer Vorfluter angedacht (siehe Kapitel 4.1.3):

1. Reduzierung der RRB-Entlastung Richtung Meedekanal durch einen 2. Überlauf in den Uthwerdumer Vorfluter
2. Zwischenspeicherung im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters (z.B. in dem geplanten Entwässerungsgraben parallel zur B72/B210)

Im Verlauf der weiteren Planungen des ZKG-Geländes und der Geländeentwässerung müssen diese Varianten weiter ausgeplant und nachgewiesen werden. In der vorliegenden Untersuchung wurden die potenziellen Auswirkungen auf den Uthwerdumer Vorfluter nicht simuliert.

7.1.6.2 Meedekanal

Die Berechnungsergebnisse für den Planzustand 2b zeigen einen überflutungsfreien Abfluss im neu erstellten Meedekanal östlich der K113 (Abbildung 7-14).

Im Oberlauf des Meedekanal kommt es durch den Zufluss von 600 l/s aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters auf einer Länge von ca. 3,5 km zu einer leichten Erhöhung der Wasserspiegellage. Dabei liegt der maximale Wasserspiegelanstieg bei ca. 6 cm (oberhalb der K113). 50 m weiter - unterhalb der K113 und der landwirtschaftlichen Überfahr – liegt der Wasserspiegel nur noch 3 cm über dem des Istzustands. Im weiteren Verlauf, bis ca. 1,2 km oberhalb des HUSW, gleichen sich die Wasserspiegellagen aus dem Planzustand 2b denen des Istzustands an. Ab hier sind die Wasserspiegel für den Planzustand 2b gleich denen des Istzustands. Der hydraulische Längsschnitt in Anlage 2 zeigt die berechneten Wasserspiegel im gesamten Verlauf des Meedekanal.

Die Dauer des Wasserspiegelanstiegs in Planzustand 2b gegenüber dem Istzustand liegt für diese Variante durch die Drosselung der RRB-Entlastung über der Dauer des Planzustandes 2a bei ca. 6,5 h.

Durch den langen Fließweg und die langsame Fließgeschwindigkeit im Meedekanal (träges System) kann das HUSW trotz des erhöhten Zuflusses den Zielwasserstand von ca. -1,94 mNN mit eine Schöpfleistung von 2.800 l/s halten.

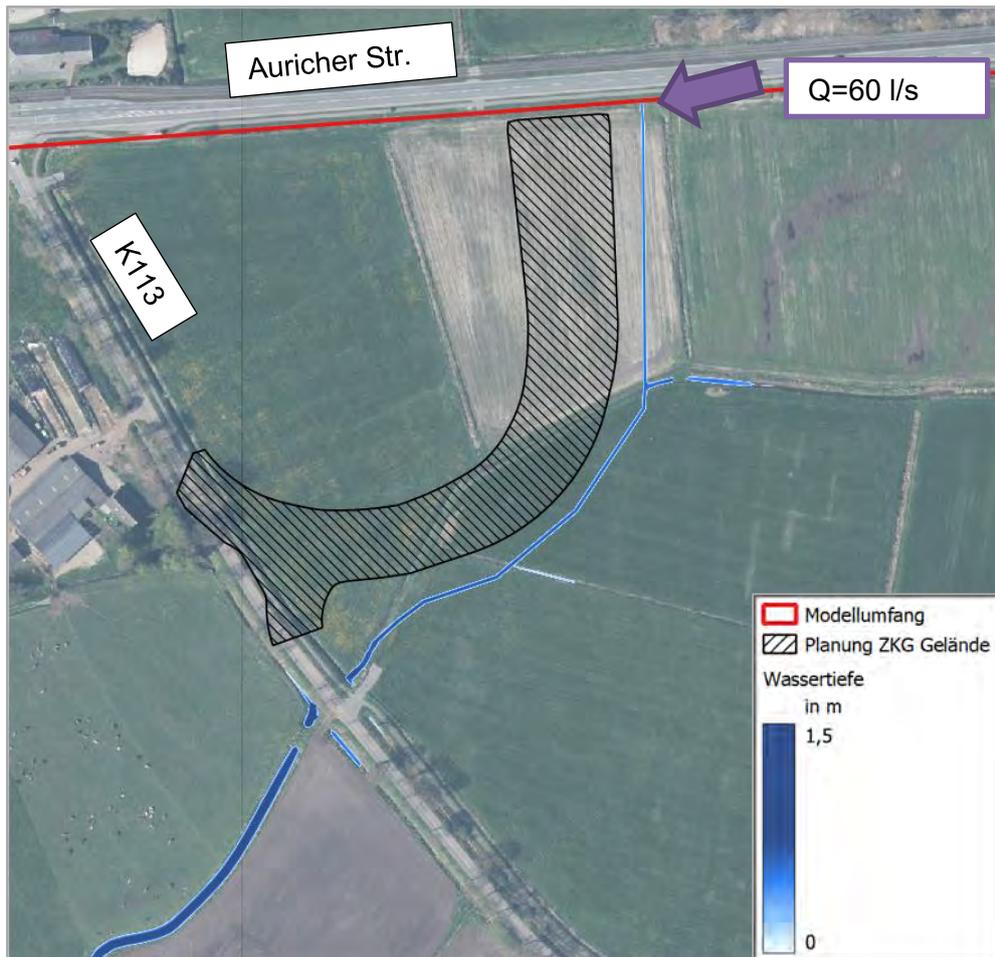


Abbildung 7-14: Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2b – Hydraulische Berechnung HQ100

8 Starkregensimulation

Bei Starkregen fließt ein großer Teil des Niederschlagswassers oberflächlich ab und kann auch weitab von einem Gewässer Schaden anrichten, bevor es dieses erreicht.

Um die Einflüsse der für die Erstellung des ZKG geplanten Geländeänderungen auf den Abfluss von Starkregenereignissen zu untersuchen, wurde das hydraulische 2D-Modell des Uthwerdumer Vorfluters mit dem ermittelten Starkregenereignis im Ist- und Planzustand belastet. Dazu wurde der Niederschlag nicht punktuell in die Gewässer eingeleitet, sondern als direkte Belastung auf die gesamte Fläche des Modells eingegeben. Es wird davon ausgegangen, dass das Starkregenereignis separat von einem 100-jährlichen Abflussereignis in den Gewässern auftritt, da die Wahrscheinlichkeit einer Überlagerung zweier so seltener Ereignisse eine noch seltenere Auftretenswahrscheinlichkeit als 1mal in 100 Jahren hat. Daher wurde für die Starkregensimulation zu Simulationsbeginn von mittlerem Wasserstand in den Gewässern ausgegangen.

Aufgrund der Ergebnisse wurde für die Starkregenbetrachtung, in der die hohe Intensität der relevante Parameter ist, das Niederschlagsereignis nach KOSTRA-DWD 2010R mit einer Dauerstufe von 1 h ohne Abminderung herangezogen. Das Ereignis wird mit einer Höhe von 42,6 mm bzw. einer Belastungsspende von 118,3 l/(s*ha) angegeben (siehe Kapitel 4.2).

Da zum Zeitpunkt der Untersuchung die Entwässerungsvariante noch nicht festgelegt war und noch keine konkreten Planungen zur Geländegestaltung vorlagen, handelt es sich bei den Berechnungen um eine konzeptionelle Betrachtung. Die Simulationsergebnisse werden sich im Zuge der weiteren Planungen durch die entstehenden Geländestrukturen und Retentionsräume entsprechend verändern und sind – bei Bedarf – entsprechend fortzuführen.

Die Ergebnisse zeigen neben den Fließwegen auf der Geländeoberfläche die durch die Topografie entstehenden Überflutungsflächen (in Geländetiefpunkten, Mulden) mit Ausbreitung und Tiefen für das 100-jährliche Belastungsszenario.

Für den Meedekanal wurde keine Starkregenbetrachtung durchgeführt, da die Beeinflussung des Gebietes nur durch eine punktuelle und gezielte Notüberleitung bestimmbarer Einleitungen eines 100-jährlichen Ereignisses aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters zu prüfen ist. Eine lokale Veränderung im Einzugsgebiet des Meedekansals durch Starkregenereignisse durch die geplanten Maßnahmen ist nicht zu erwarten.

8.1 Simulationsergebnisse Istzustand

Die maximalen Wassertiefen im Bestand auf den Flächen um die Gewässer aus der Starkregensimulation sind der Anlage 5 zu entnehmen. Aufgrund der geringen Geländeneigung zeigen sich größere Wasserflächen auf dem Gelände (Füllen von Mulden) und an vereinzelt Stellen durch den oberflächlichen Abfluss Ausuferungen aus den Gewässern im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters.

8.2 Simulationsergebnisse Planzustand

Die Anlagen 6 und 7 zeigen die maximalen Wassertiefen für die Planzustände 1 und 2 aus der Starkregensimulation, in den Anlagen 8 und 9 sind die Differenzen der Ergebnisse aus den beiden Planzuständen zum Istzustand dargestellt.

Die Ergebnisse sind in der Freiraumplanung zum ZKG-Gelände zu berücksichtigen. Das Gelände ist so zu gestalten, dass der auf dem Gelände anfallende Niederschlagsabfluss ohne Beeinflussung der Ober- und Unterlieger zurückgehalten wird.

Die Starkregensimulation soll keine Entscheidungsgrundlage für die Ableitung des HQ100 in den Gewässern und somit für die Auswahl der Entwässerungsvariante sein, daher wurden nicht alle betrachteten Planzustände simuliert. Die Betrachtung wurde lediglich für die

Planzustände 1 und 2 durchgeführt, um den Einfluss der Überleitung zum Meedekanal auf ein Starkregenereignis zu dokumentieren. Die Planzustände 1a, 2a und 2b wurden nicht gesondert betrachtet. Die Auswirkungen der zukünftigen (ausgewählten) Entwässerungsvariante sind im Zuge der fortschreitenden Freiraumplanung zu prüfen.

Auf den landwirtschaftlichen Flächen und auf dem ZKG Gelände zeigen sich in beiden Planzuständen wie im Bestandsmodell größere Wasserflächen auf dem Gelände (Füllen von Mulden) und an vereinzelt Stellen Ausuferungen am Uthwerdumer Vorfluter. Größere Flächen im Vergleich zum Bestand bilden sich im Bereich des geplanten RRBs und oberhalb der K115.

In der Anlage 8 sind die Differenzen der Wassertiefen zwischen Ist- und Planzustand 1 abgebildet. Der Vergleich der Wassertiefen zwischen Planzustand 1 und Istzustand zeigt, dass der Einfluss der Baumaßnahme sich lokal auf den Bereich des ZKG Geländes und unterhalb der K115 beschränkt. Im oberen Bereich des ZKG Geländes kommt es aufgrund der Wasserverdrängung durch die ZKG-Bebauung im Planzustand 1 zu einer Erhöhung der Wassertiefen um max. 10 cm. Im Bereich der K115 erhöhen sich die Wassertiefen um max. 5 cm. Im Bereich des RRB kommt es zu einer Erhöhung der Wassertiefen von maximal 10 cm.

Die Differenzen der Wassertiefen zwischen Ist- und Planzustand 2 in Anlage 9 zeigen, dass sich die Verbindung zum Meedekanal nur im südlichen Bereich des ZKG-Geländes auswirkt. Die Wassertiefen im Plangraben oberhalb des ZKG Geländes erhöhen sich wie in Planzustand 1 um maximal 10 cm, im Bereich der K115 kommt es auch hier zu einer Erhöhung der Wassertiefen um maximal 5 cm. Die Überflutungsfläche am RRB, wie sie in Planzustand 1 berechnet wurde, tritt in Planzustand 2 nicht auf, da das Wasser über den parallel zur Bahn angelegten Entwässerungsgraben abfließen kann.

Die Ergebnisse sollten in der Freiraumplanung zum ZKG-Gelände Berücksichtigung finden.

Um eine Beeinträchtigung der Ober- und Unterlieger durch die geplante Baumaßnahme bei Starkregenereignissen zu vermeiden, muss das Retentionsverhalten des Geländes im Planzustand gleich dem des Istzustandes sein. Die Reduzierung des natürlichen Retentionsraums auf den landwirtschaftlichen Flächen und den Grabenstrukturen innerhalb des zukünftigen Warft-Geländes durch die Maßnahme sollten durch Maßnahmen der Freiraumplanung auf dem übrigen Gelände ausgeglichen werden. Auf Grundlage der betrachteten Konzeptplanung wurden als zusätzlich zum geplanten RRB-Volumen für beide Planungsvarianten ein erforderliches Retentionsvolumen von ca. 10.000 m³ ermittelt, welches im Gelände oder den neu geplanten Gräben zur Verfügung gestellt werden müsste.

9 Zusammenfassung

Der Landkreis (LK) Aurich und die kreisfreie Stadt Emden planen über ihre gemeinsame Trägergesellschaft Kliniken Aurich-Emden-Norden mbH die drei bisherigen Krankenhausstandorte in Aurich, Emden und Norden räumlich zentral zu einer Klinik (Zentralklinikum Georgsheil, ZKG) zusammenzulegen. Das Planungsgebiet liegt in der Region Ostfriesland in der Nähe der Ortschaft Georgsheil, in der Gemarkung Uthwerdum, einem Ortsteil der Gemeinde Südbrookmerland.

Zur Umsetzung des Vorhabens waren wasserwirtschaftliche Untersuchungen zur bestehenden und zukünftigen Hochwassersicherheit in dem betroffenen Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters durchzuführen. Die Vorüberlegungen zur Entwässerungsplanung beinhalteten eine Variante, die eine Überleitung von Niederschlagswasser im Hochwasserfall in das Nachbareinzugsgebiet des Meedekanals vorsieht. Daher wurde dieses Einzugsgebiet in die Untersuchungen miteinbezogen.

Insgesamt wurden der Istzustand und fünf Planzustände für die Gebietsentwässerung nach Umsetzung der Maßnahme betrachtet:

Planzustand 1

Der Planzustand 1 beinhaltet die Ableitung des gesamten Regenwasserabflusses aus dem Planungsraum über den Uthwerdumer Vorfluter Richtung Abelitz-Moordorf-Kanal (wie im Istzustand). Der Uthwerdumer Vorfluter wird im Bereich des ZKG-Geländes nach Norden verlegt, das Regenwasser aus dem ZKG-Gelände wird über ein Regenrückhaltebecken (RRB) gedrosselt in den umverlegten Uthwerdumer Vorfluter eingeleitet. Nach der Kostenschätzung liegen die Herstellungskosten bei ca. 256.000 €.

Planzustand 1a

Planzustand 1a entspricht weitestgehend dem Planzustand 1. Für den nach Norden verlegten Uthwerdumer Vorfluter wurde lediglich eine breitere Sohle gewählt, um den Retentionsraum auf dem Plangelände zu vergrößern. Nach der Kostenschätzung liegen die Herstellungskosten bei ca. 360.000 €.

Planzustand 2

Der Planzustand 2 beinhaltet eine Überleitung des Entlastungsabflusses aus dem geplanten RRB über ein DN1200 von Norden unter der Bundesstraße B72/B210 und der Bahn zum Meedekanal. Ohne weitere Modifizierungen ist dieser Planzustand nicht umsetzbar, daher wurden die Planzustände 2a und 2b erstellt und nachgewiesen.

Planzustand 2a

Der Planzustand 2 wird im Planzustand 2a dahingehend modifiziert, dass der Durchlass unter der Kreisstraße K113 von DN700 auf DN1200 vergrößert wird. Der direkt westlich gelegene Durchlass einer landwirtschaftlichen Überfahrt wird von DN600 auf DN1200 vergrößert. Nach der Kostenschätzung liegen die Herstellungskosten bei ca. 670.000 €.

Planzustand 2b

Der Planzustand 2 wird im Planzustand 2b dahingehend modifiziert, dass der Entlastungsabfluss aus dem RRB gedrosselt (mit 600 l/s) über ein DN700 unter der Bundesstraße B72/B210 und der Bahn dem Meedekanal zugeleitet wird. Der Durchlass unter der Kreisstraße K113 bleibt mit DN700 bestehen, der direkt westlich gelegene Durchlass einer landwirtschaftlichen Überfahrt wird von DN600 auf DN800 vergrößert. Nach der Kostenschätzung liegen die Herstellungskosten bei ca. 506.000 €.

Der Untersuchungsraum wurde in einem hydraulischen 2D-Modell abgebildet und die Gewässer mit Bemessungsabflüssen für ein 100-jährliches Ereignis (ein statistisch alle 100 Jahre auftretendes Ereignis) belastet. Zusätzlich wurde eine Starkregenbetrachtung, bezogen auf die Flächen des unmittelbaren Planungsraumes, durchgeführt. Die Ergebnisse der Planzustände wurden den Ergebnissen aus dem Istzustand gegenübergestellt und die Auswirkungen der Planungsmaßnahmen auf die Entwässerungssituation bewertet:

Die Berechnungen mit dem hydraulischen Modell zeigen, dass der Uthwerdumer Vorfluter im heutigen Zustand nicht ausreichend leistungsfähig ist, einen 100-jährlichen Abfluss überflutungsfrei abzuleiten. Aufgrund der Geländesituation treten bereits heute im Bereich des zukünftigen ZKG-Geländes vereinzelt Überflutungen auf. Von den Überflutungen sind ausnahmslos landwirtschaftliche Flächen betroffen, Überflutungen in Siedlungsbereichen wurden bei den Berechnungen nicht festgestellt.

Für die betrachteten Planzustände 1, 1a, 2a und 2b kann der Nachweis der Hochwasserunschädlichkeit geführt werden. Die geplanten Maßnahmen auf dem Klinikgelände können somit umgesetzt werden, ohne dass sich die Entwässerungssituation der Ober- und Unterlieger verschlechtert bzw. eine Überlastung des Uthwerdumer Vorfluters und dessen Einzugsgebiets ("nasses Dreieck") auch bei größeren Ereignissen verursacht wird.

Die Berechnungsergebnisse der **Planzustände 1 und 1a** zeigen insgesamt ein unverändertes Bild der Abflusssituation gegenüber der heutigen Situation im Uthwerdumer Vorfluter. In Teilbereichen kommt es aufgrund der niedrigen Geländehöhen zu Ausuferungen aus dem nach Norden verlegten Gewässerabschnitt, die jedoch durch entsprechende Anpassung der Freiraumplanung im Gelände verhindert oder in andere Bereiche verlagert werden können (gezielte, schadlose Überflutung). **Die Wasserspiegellagen außerhalb des Planungsraums bleiben unverändert, die Ergebnisse zeigen keinen Einfluss der Planungen auf die Entwässerung der nahegelegenen Siedlungsbereiche (z.B. Nasses Dreieck).** Eine Beeinflussung der Entwässerung der angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen ist aufgrund der Ergebnisse ebenfalls nicht zu erwarten, kann für die Planungsvariante 1 jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Die Berechnungsergebnisse der **Planzustände 2a und 2b** zeigen besonders **im Bereich des Planungsgeländes eine Verbesserung der Abflusssituation im Uthwerdumer Vorfluter.** Der Wasserspiegel liegt aufgrund der Verringerung des Gesamtabflusses durch Überleitung von Teilabflüssen in den Meedekanal in dem nach Norden verlegten Abschnitt des Uthwerdumer Vorfluters um bis zu 12 cm niedriger als im Istzustand. Dadurch tritt weniger Wasser über die Böschung auf das Plangelände. **Die Wasserspiegel außerhalb des Planungsraums bleiben auch hier (im Uthwerdumer Vorfluter) unverändert, die Ergebnisse zeigen keinen Einfluss auf die Entwässerung der nahegelegenen Siedlungsbereiche (z.B. Nasses Dreieck)** oder die angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters. Im Meedekanal erhöht sich der Wasserspiegel im Bereich der Einleitung bis ca. 1 km oberhalb des Pumpwerks in Planzustand 2a bis zu 60 cm, in Planzustand 2b minimal um bis zu 6 cm (unterhalb der K113 maximal 3 cm). Eine Überflutung auf die angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen wurde nicht festgestellt, eine Beeinflussung der Entwässerung durch den höheren Wasserstand im Meedekanal kann jedoch im Planzustand 2a nicht ausgeschlossen werden. Die Beeinflussung würde jedoch nur über den Zeitraum der Entlastung des RRB erfolgen, d.h. sie wäre zeitlich auf wenige Stunden begrenzt. Die Leistungsfähigkeit des HUSW Victorburer Meede ist für die Planzustände 2a und 2b ausreichend bzw. weist für Planzustand 2b noch Kapazitäten (z.B. zur Kompensierung von Klimawandeleinflüssen) aus.

In der nachfolgenden Abbildung sind die Ergebnisse der Untersuchung anhand zusammengefasster Kriterien bewertet. Entsprechend der Darstellung empfehlen wir, für die weitere Planung die Planungsvarianten 1a oder 2b zu verfolgen. Die Hinweise in der Matrix geben eine Begründung für die Empfehlung:

Planzustand	Bewertungskriterium (+) ja / (-) nein				Bewertung	
	Grundsätzlich realisierbar					
	Hochwasserunschädlichkeit für Ober- und Unterlieger nachgewiesen					
	Hochwasserschutz im Planungsraum gegenüber heutigem Zustand verbessert					
	Herstellungskosten (Rangfolge von 1 hoch bis 4 niedrig)					
Hinweise / Begründung						
1	(+)	(+)	(-)	4	<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Bodenaushub für die Erstellung der Gewässer erforderlich - Abflusskapazitäten im Einzugsgebiet voll ausgeschöpft, d.h. mögliche Gefahr der Überlastung bei unvorhergesehenen Ereignissen - Beeinflussung der Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen möglich 	(-)
1a	(+)	(+)	(-)	3	<ul style="list-style-type: none"> - Umfangreicher Bodenaushub und großer Flächenbedarf für die Erstellung der Gewässer erforderlich - Abflusskapazitäten im Einzugsgebiet nahezu ausgeschöpft, d.h. mögliche Gefahr der Überlastung bei unvorhergesehenen Ereignissen 	(+)
2	(+)	(-)	(+)	nicht ermittelt	Durch Überleitung in den Meedekanal wird eine Verbesserung der Hochwassersicherheit im Planungsraum erzielt. Aufgrund starker Überlastung der vorhandenen Durchlässe im Meedekanal treten starke Überflutungen der angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen auf, daher wurde diese Variante nicht weiter verfolgt.	(-)
2a	(+)	(+)	(+)	1	<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Bodenaushub für die Erstellung der Gewässer erforderlich - Entlastung des heute bereits stark ausgelasteten Uthwerdumer Vorfluters - Verbesserung der Entwässerungssituation des Reiterhofs - Durch 2. Ableitungsweg Reduzierung der Hochwassergefährdung für das ZKG-Gelände - Ausreichende Aufnahmekapazitäten für zusätzlichen Abfluss im Meedekanal und HUSW Victorburer Meede - Flexibilität für zukünftige Entwicklungen (z.B. Klimawandel oder Siedlungsentwicklungen) - Sehr hohe Herstellungskosten 	(-)
2b	(+)	(+)	(+)	2	<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Bodenaushub für die Erstellung der Gewässer erforderlich - Entlastung des heute bereits stark ausgelasteten Uthwerdumer Vorfluters - Verbesserung der Entwässerungssituation des Reiterhofs - Durch 2. Ableitungsweg Reduzierung der Hochwassergefährdung für das ZKG-Gelände - Ausreichende Aufnahmekapazitäten für zusätzlichen Abfluss im Meedekanal und HUSW Victorburer Meede, zusätzlichen Schutz durch gedrosselte Überleitung - Flexibilität für zukünftige Entwicklungen (z.B. Klimawandel oder Siedlungsentwicklungen) - Hohe Herstellungskosten 	(+)

Abbildung 9-1: Bewertungsmatrix für die untersuchten Planzustände

10 Literatur und verwendete Datengrundlage

- DWD Climate-Data-Center (CDC) (2017): Raster der Wiederkehrintervalle für Starkregen (Bemessungsniederschläge) in Deutschland (KOSTRA-DWD), Version 2010R
- DWA (2010): Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Arbeitsblatt DWA-A 117 - Bemessung von Regenrückhalterräumen. Hennef
- Erster Entwässerungsverband Emden: Digitales Geländemodell DGM, 1x1m
- Erster Entwässerungsverband Emden: Gewässerkarte, Januar 2014
- Erster Entwässerungsverband Emden: Ausschnitt aus dem digitalen Lagerbuch, Profillinformationen Gräben und Durchlässe
- Erster Entwässerungsverband Emden: Nachweis Unterschöpfwerksgebiet Victorburer Meede, November 2010
- Erster Entwässerungsverband Emden: Antrag auf Bewilligung gemäß § 13 NWG für eine Gewässerbenutzung im Sinne von § 4 NWG im Rahmen des neuen Wassermanagements für das Große Meer, Anlage 3, Pegelwerte Marscher Tief, Pegel Bedekaspeler Marsch, Oktober 2007
- Erster Entwässerungsverband Emden: Ausbauentwurf Entwässerung im Gebiet Uthwerdum, August 1961
- Gemeinde Südbrookmerland: HUSW Victorburer Meede – Berechnungen zum Einzugsgebiet vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Auszug)
- Gemeinde Südbrookmerland: Betrachtungskarte (Einzugsgebiet Uthwerdumer Vorfluter), April 2021
- IST Ingenieurbüro für Straßen- und Tiefbau: Entwässerungsplan – Variante 1 (Vorabzug), Mai 2021
- IST Ingenieurbüro für Straßen- und Tiefbau: Bemessung des RRB nach dem Arbeitsblatt DWA-A 117 (Vorabzug), Mai 2021
- KAUPA & PARTNER Ingenieurgesellschaft mbH: Aufmaß ZKG Gelände Bestand (PDF, DWG, xls, Ortholuftbilder, Drohnenbefliegung), Januar 2021
- KAUPA & PARTNER Ingenieurgesellschaft mbH: Fotos zur Geländevermessung, Januar 2021
- KLEVER – Klimaoptimiertes Entwässerungsmanagement im Verbandsgebiet Emden (Oldenburg, Oktober 2018)
- Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN): Ortholuftbilder (2017)
- Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN): Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) (2019) (DXF)
- Landkreis Aurich, Amt für Kreisstraßen, Wasserwirtschaft und Deiche: Durchlassverzeichnis K113/K115, März 2021
- LandschaftsArchitekturbüro Georg von Luckwald: Arbeitskarte – Grundlagen ZKG (PDF), April 2021
- LandschaftsArchitekturbüro Georg von Luckwald: Lagepläne zu Grundlagen Gesamtgebiet und Plangebiet ZKG, März 2021
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie: Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen - Abflüsse in Hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze – April 2003

WES GmbH Landschaftsarchitektur: Freianlagen Lage- und Höhenplanung, März 2021

Verwendete EDV-Programmsysteme

ArcGIS Desktop®, Version 10.6.1 - ESRI, Redlands (CA), USA

AutoCAD, Version Civil 3D 2018 - Autodesk, San Rafael (CA), USA

HYDRO_AS-2D, Version 5.2.5 - Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen

JabPlot, Version 3.1 - Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen

SMS, Version 13.0 - AQUAVEO, Provo (Utah), USA

QGIS, Version 3.18 - QGIS Development Team (Freie Software)