

Projektbericht

**Neubau Zentralklinikum Georgsheil und
Kreisstraße K115n
Wasserwirtschaftliche Untersuchungen**

Auftraggeber

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

Essen, Januar 2023

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	Januar 2023
Projektnummer	P2504

© 2023 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	VII
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
3.3 Planzustand 3	7
4 Ermittlung der Belastungsabflüsse	9
4.1 Bemessungsabfluss Gewässer (HQ100).....	9
4.1.1 Uthwerdumer Vorfluter.....	10
4.1.1.1 Bestand.....	10
4.1.1.2 Planung.....	12
4.1.2 Meedekanal.....	15
4.1.2.1 Bestand.....	15
4.1.2.2 Planung.....	16
4.1.3 Durchlass K113, Forlitzer Straße	18
4.2 Starkregen	20
5 Gewässerplanung	24
5.1 Betroffene Gewässerabschnitte	24
5.1.1 Uthwerdumer Vorfluter (Gewässer II. Ordnung, Gewässernummer 392)	26
5.1.2 Uthwerdumer Äckerschloot (Gewässer II. Ordnung, Gewässernummer 391)	28
5.1.3 Meedekanal (Gewässer II. Ordnung, Gewässernummer 232).....	29
5.2 Bemessung der Querprofile.....	31
6 Hydraulisches Modell	33
6.1 Hydraulisches 2D-Modell	33
6.2 Modellerstellung.....	33
6.2.1 Bestand (Istzustand).....	33
6.2.2 Planung (Planzustände).....	36

6.3	Modellanwendung	39
7	Modellergebnisse HQ100 Gewässer	42
7.1.1	Istzustand	42
7.1.1.1	Uthwerdumer Vorfluter	42
7.1.1.2	Meedekanal.....	43
7.1.2	Planzustand 1	45
7.1.2.1	Uthwerdumer Vorfluter	45
7.1.2.2	Meedekanal.....	47
7.1.3	Planzustand 1a.....	47
7.1.3.1	Uthwerdumer Vorfluter	47
7.1.3.2	Meedekanal.....	50
7.1.4	Planzustand 2.....	50
7.1.4.1	Uthwerdumer Vorfluter	50
7.1.4.2	Meedekanal.....	52
7.1.5	Planzustand 2a.....	53
7.1.5.1	Uthwerdumer Vorfluter	53
7.1.5.2	Meedekanal.....	53
7.1.6	Planzustand 2b.....	54
7.1.6.1	Uthwerdumer Vorfluter	55
7.1.6.2	Meedekanal.....	55
7.1.7	Planzustand 3.....	56
7.1.7.1	Uthwerdumer Vorfluter	56
7.1.7.2	Meedekanal.....	58
8	Starkregensimulation Fläche	59
8.1	Simulationsergebnisse Istzustand	59
8.1.1	Starkregenereignis Tn100 (42,6 l/m ² , 1 h).....	59
8.1.2	Starkregenereignis (100 l/m ² , 2 h).....	60
8.1.3	Starkregenereignis (200 l/m ² , 24 h).....	60
8.2	Simulationsergebnisse Planzustand.....	60
8.2.1	Starkregenereignis Tn100 (42,6 l/m ² , 1 h).....	60
8.2.2	Starkregenereignis (100 l/m ² , 2 h).....	62
8.2.3	Starkregenereignis (200 l/m ² , 24 h).....	62
9	Zusammenfassung	63
10	Literatur und verwendete Datengrundlage	66

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. (Luftbild: www.lgln.de ©2017 ).....	6
Abbildung 3-2:	Entwässerungskonzept Planzustand 2. (Luftbild: www.lgln.de ©2017 ).....	7
Abbildung 3-3:	Entwässerungskonzept Planzustand 3 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 ).....	8
Abbildung 4-1:	Hydrologische Landschaft Friesische Geest aus „Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen“, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie 2003	9
Abbildung 4-2:	Teileinzugsgebiete Uthwerdumer Vorfluter (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )	11
Abbildung 4-3:	HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Istzustand (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )	12
Abbildung 4-4:	HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 1 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )	13
Abbildung 4-5:	HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 2 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )	14
Abbildung 4-6:	HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 3 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )	14
Abbildung 4-7:	Teileinzugsgebiete Meedekanal, Istzustand (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )	15
Abbildung 4-8:	HQ100-Zuflüsse zum Meedekanal, Istzustand (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )	16
Abbildung 4-9:	HQ100-Zuflüsse zum Meedekanal, Planzustände 2, 2a und 2b (Luftbild: www.lgln.de ©2017 ).....	17
Abbildung 4-10:	Leistungsfähigkeitsbetrachtung Durchlass unter der K113: Prüfung des Rückstaus anhand der Wasserspiegeldifferenz von Ober- und Unterwasser.....	18
Abbildung 4-11:	Leistungsfähigkeitsbetrachtung Durchlass unter der K113: Beginn der Ausuferung im Oberwasser.....	19
Abbildung 4-12:	Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2010R	21
Abbildung 4-13:	Beispielhaft Darstellung der Fließwege aus einer Starkregensimulation (Luftbild: www.lgln.de ©2017 ).....	22
Abbildung 5-1:	Gewässerverläufe im Planungsgebiet, Uthwerdumer Vorfluter (392), Uthwerdumer Äckerschloot (391), Brandendenschloot (43) und Meedekanal (Ausschnitt der Gewässerkarte Erster Entwässerungsverband Emden, Januar 2014).....	24
Abbildung 5-2:	Betroffene Gewässer im Planungsraum (Hintergrundkarte: www.lgln.de ©2017 )	25
Abbildung 5-3:	Für die Planung vorgesehenen Bereiche der umverlegten Gewässer (Konzept 04/2021).....	26
Abbildung 5-4:	Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter, Verlauf Planzustände 1 bis 2 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 ).....	27
Abbildung 5-5:	Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter, Verlauf Planzustand 3 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )	28

Abbildung 5-6:	Maßnahmen am Uthwerdumer Äckerschloot für Planzustand 1 bis 2 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	29
Abbildung 5-7:	Maßnahmen am Uthwerdumer Äckerschloot für Planzustand 3 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	29
Abbildung 5-8:	Maßnahmen am Meedekanal und Überleitung aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters für Planzustand 2 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)	30
Abbildung 5-9:	Maßnahmen am Meedekanal und Überleitung aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters für Planzustand 3 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)	31
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-Schrägansicht mit Blick von Osten Richtung Westen)	34
Abbildung 6-2:	Berücksichtigung der vermessenen Gräben und Bauwerke (hier Uthwerdumer Vorfluter) im Berechnungsnetz in der 3D-Schrägansicht...	34
Abbildung 6-3:	Berücksichtigung des nicht vermessenen Bereichs des Meedekanal anhand von Bruchkanten im Berechnungsnetz in der 3D-Schrägansicht (links: Unterlauf, rechts: Oberlauf).....	35
Abbildung 6-4:	Darstellung des Planzustands 1 des Modells Uthwerdumer Vorfluter in der 3D-Schrägansicht (Stand: Vorentwurf März 2021)	37
Abbildung 6-5:	Darstellung des Planzustands 3 des Modells Uthwerdumer Vorfluter in der 3D-Schrägansicht (Stand: Entwurf Juli 2022).....	38
Abbildung 6-6:	Erforderlicher Retentionsvolumenausgleich für zwei Flächen Tn100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	39
Abbildung 6-7:	Dauerganglinie der Wasserstände am Pegel „AMK KA“ vom 12.04.21 bis 31.12.2022 (MathejaConsult, Wettmar, Januar 2023) mit ergänzenden Eintragungen (blau, eigene Darstellung).....	41
Abbildung 7-1:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Istzustand – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	43
Abbildung 7-2:	Wassertiefen Meedekanal Bestand – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	44
Abbildung 7-3:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	45
Abbildung 7-4:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 – Bereich K115 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	46
Abbildung 7-5:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 – oberhalb ZKG-Gelände (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)	47
Abbildung 7-6:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	48
Abbildung 7-7:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 – Bereich K115 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	49
Abbildung 7-8:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 – oberhalb ZKG-Gelände (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)	49
Abbildung 7-9:	Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	50

Abbildung 7-10: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 – Bereich K115 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	51
Abbildung 7-11: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 – oberhalb ZKG-Gelände (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)	52
Abbildung 7-12: Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	53
Abbildung 7-13: Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2a – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	54
Abbildung 7-14: Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2b – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	56
Abbildung 7-15: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 3 – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN).....	57
Abbildung 7-16: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 3 – Hydraulische Berechnung HQ100 – Bereich K115 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)...	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: HQ100-Abfluss im Uthwerdumer Vorfluter	11
Tabelle 4-2: HQ100-Abfluss im Meedekanal, Istzustand.....	16
Tabelle 4-3: Ergebnisse aus der NASIM-Simulation Uthwerdumer Vorfluter zur Ermittlung eines maßgeblichen Starkregenereignisses für die Dauerstufen D = 1 h und D = 72 h.....	22
Tabelle 6-1: Materialien bzw. Nutzungen und zugehörige Rauheitsbeiwerte in den Modellen	36

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
- Anlage 10: Maximale Wassertiefen Starkregensimulation Istzustand $N = 100 \text{ l/m}^2$
- Anlage 11: Maximale Wassertiefen Starkregensimulation Istzustand $N = 200 \text{ l/m}^2$
- Anlage 12: Maximale Wassertiefen Starkregensimulation Planzustand 3 $N = 42,6 \text{ l/m}^2$
- Anlage 13: Maximale Wassertiefen Starkregensimulation Planzustand 3 $N = 100 \text{ l/m}^2$
- Anlage 14: Maximale Wassertiefen Starkregensimulation Planzustand 3 $N = 200 \text{ l/m}^2$
- Anlage 15: Wassertiefendifferenzen Starkregensimulation Planzustand 3 – Istzustand $N = 42,6 \text{ l/m}^2$
- Anlage 16: Wassertiefendifferenzen Starkregensimulation Planzustand 3 – Istzustand $N = 100 \text{ l/m}^2$
- Anlage 17: Wassertiefendifferenzen Starkregensimulation Planzustand 3 – Istzustand $N = 200 \text{ l/m}^2$
- Anlage 18: Querprofile Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 3

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 die Güterbahnstrecke der EAE (Eisenbahninfrastrukturgesellschaft Aurich-Emden mbH) und die Bundesstraße etwas weiter östlich überspannt und die beiden Kreisstraßen (K 115 und K 113) über eine neue Kreisstraße (K 115n) 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 vom Auftraggeber u. a. ein detailliertes Geländeaufmaß bereitgestellt.

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.

Nördlich der Bundesstraße stellt der Uthwerdumer Vorfluter 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 Gewässerabfluss für den Istzustand

- Berechnung der Wasserspiegellagen/-tiefen und zugehöriger HQ100-Überflutungsflächen für den Istzustand
- Berechnungen der Wasserspiegellagen/-tiefen und zugehöriger Überflutungsflächen für drei Extremstarkregenereignisse im 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 drei Planzustände für die Entwässerung erstellt und nachgewiesen.
 - Ermittlung des maßgeblichen HQ100 Gewässerabfluss für den Planzustand
 - Berechnung der Wasserspiegellagen und zugehöriger HQ100-Überflutungsflächen für den Planzustand
 - Berechnungen der Wasserspiegellagen/-tiefen und zugehöriger Überflutungsflächen für drei Extremstarkregenereignisse im Planzustand

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, wurden drei unterschiedliche Starkregenereignisse für das direkte Umfeld des Plangebietes simuliert.

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 Südbrookmerland)
- 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.

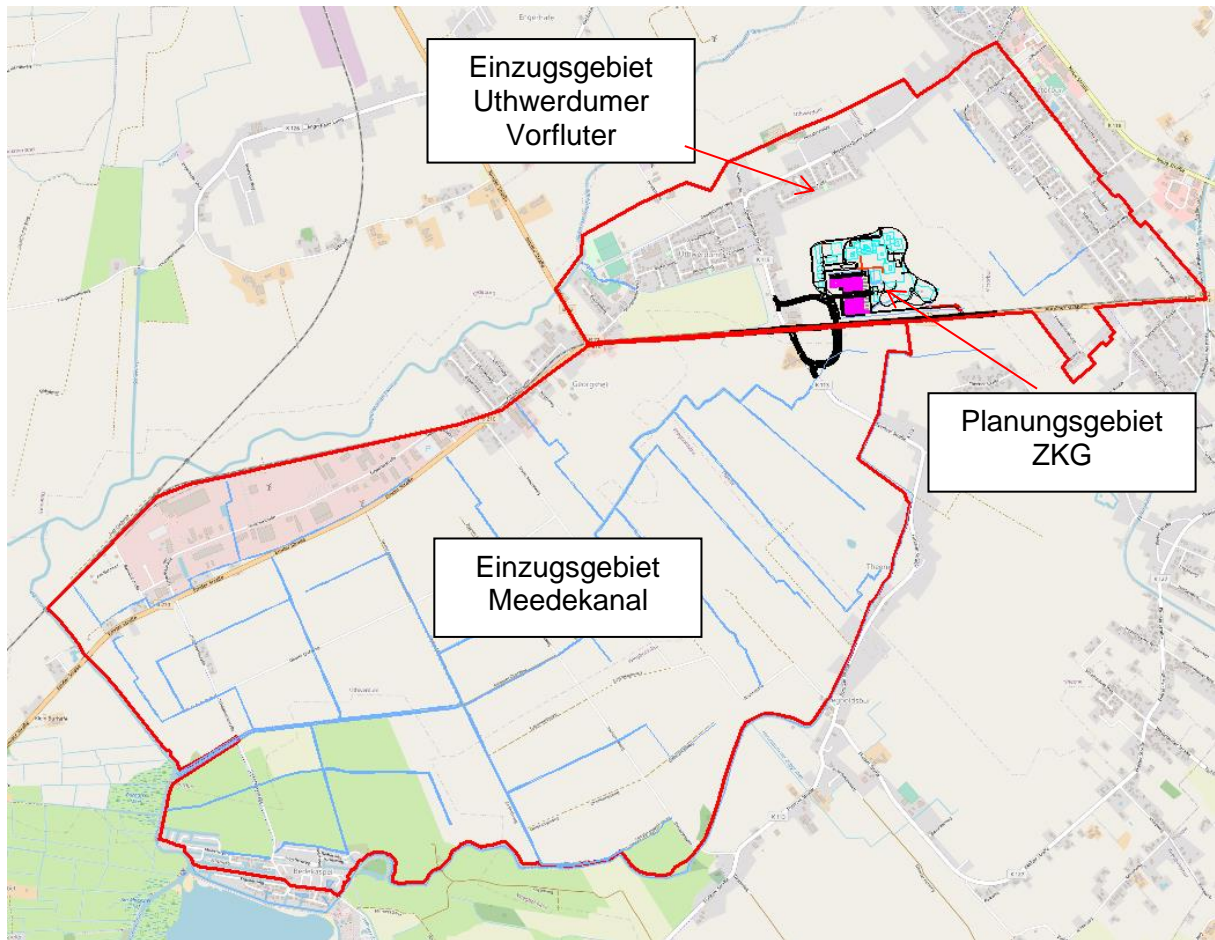


Abbildung 2-1: Untersuchungsgebiet mit Hauptgewässern und dem Planungsgebiet des Zentralklinikums (Hintergrund: © OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA)

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.

Die Planzustände 1 und 2 (inklusive ihrer Untervarianten) zeigen eine konzeptionelle Planung auf der Grundlage erster Konzepte und Vorentwürfe der Geländeplanung und der Gewässerführung, wohingegen der Planzustand 3 einen in der Planung weiter ausgearbeiteten und detaillierten Stand abbildet, u. a. auf Grundlage der in dieser Studie erarbeiteten ersten Ergebnisse für die Planzustände 1 und 2.

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 ein zehnjährliches Regenereignis zzgl. 15% Klimazuschlag) wurden für das RRB im Planzustand 1 bis 2 ein Drosselabfluss von 60 l/s und ein Volumen von 4.135 m³ ermittelt (IST, Mai 2021).

Durch die Geländeangepassungen und der Warfterweiterung im fortgeschriebenen Planzustand 3 (IST, Juli 2022) wurde ein erforderliches Volumen von 4.623 m³ ermittelt. Mit einem Freibord von 0,65 m ergibt sich ein Gesamtspeichervolumen von 5.140 m³.

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 drei Entwässerungsvarianten für die Ableitung der bei Hochwasser in den Gewässern 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 verfüllt und durch einen neuen Graben zentral im Klinikgelände ersetzt, der zusammen mit unterirdischen Regenwasserkämen einen Großteil der auf dem Klinikgelände anfallenden Abflüsse aufnimmt und diese dem RRB zuleitet.

Die Entwässerung der Flächen vom südwestlich benachbarten Reiterhof werden entsprechend der heutigen Situation nach Norden Richtung Uthwerdumer Vorfluter abgeleitet. Die neue Zufahrtsstraße (K 115n) wird mit einem Durchlass (DN600) gequert. Die Straßenplanung der K 115n war zum Zeitpunkt der Planungsvariante noch nicht so weit fortgeschritten, dass die Straßenentwässerung im Detail mit abgebildet werden konnte. Der Entwässerungsgrenzgraben des südlich gelegenen Grundstücks der EAE bleibt in der Lage unverändert, die Fließrichtung wird Richtung Westen gekehrt und wie der Abfluss der K 115n über den Graben am Reiterhof mit abgeleitet. Alternativ ist auch eine Entwässerung des Grenzgrabens EAE 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.

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.

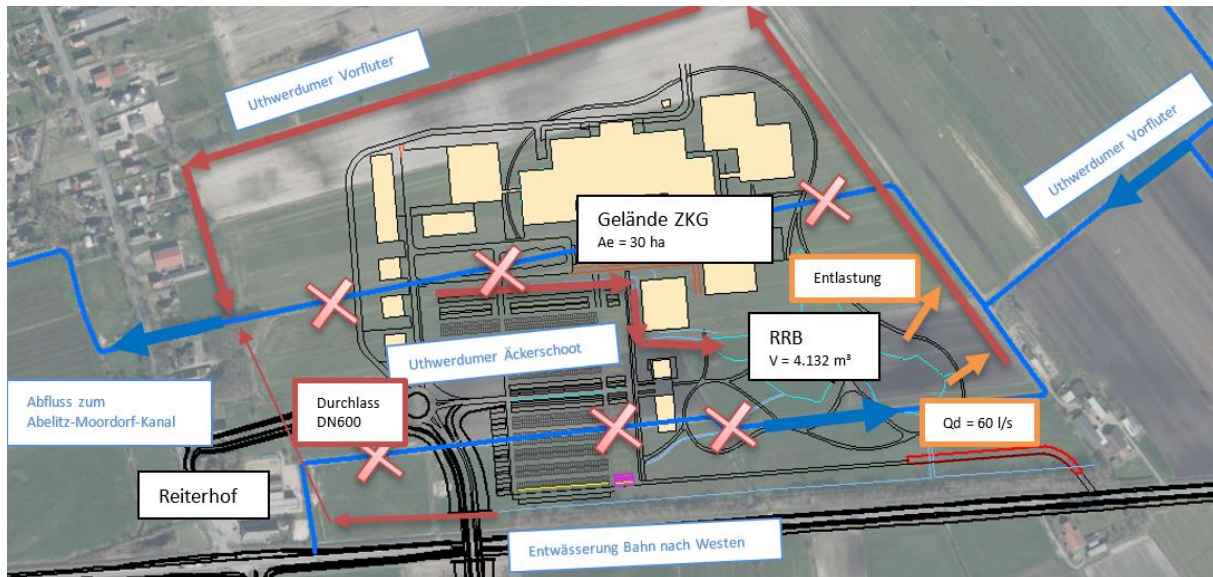


Abbildung 3-1: Entwässerungskonzept Planzustand 1. (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

Der Planzustand 1a beinhaltet eine breitere 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 Plangebiet und damit aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters zum Meedekanal vorgesehen. Die Hochwasserabflüsse im Uthwerdumer Vorfluter würden 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 bestehenden Durchlass unter der Uthwerdumer Straße K115) die Gefahr einer Havarie durch eine Störung am Durchlass oder im Uthwerdumer Vorfluter (z.B. durch Böschungsabbruch oder Verkläuserung) 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 erstellenden 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. In den Nachweisrechnungen wurde für die Dimensionierung des Durchlasses zunächst von einem DN1200 ausgegangen. Mit diesem Durchlass könnte der Notüberlauf 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 Notüberlauf 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 verfüllt und als neuer Graben auf das Klinikgelände verlegt, er nimmt einen Großteil der dort anfallenden Abflüsse auf und leitet diese dem RRB zu. Der westliche Abschnitt des Äckerschloots wird zu einem Entwässerungsgraben III. Ordnung herabgestuft, der die Entwässerung der Flächen des Reiterhof und eines Teils der neuen Straße (K 115n) aufnimmt.

Die Entwässerung der Flächen vom Reiterhof werden Richtung Südosten an den neu zu erstellenden Durchlass zum Meedekanal angeschlossen. Der Grenzgraben mit der EAE im Süden bleibt in der Lage unverändert, die Fließrichtung wird Richtung Westen gekehrt und entwässert in dieser Variante ebenfalls über den neuen Durchlass Richtung Meedekanal. Südlich der Bundesstraße werden auch die Abflüsse der neuen Straßenoberflächen (Aufweitung Bundesstraße und neue Kreisstraße K 115n) dem Meedekanal zugeleitet.

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

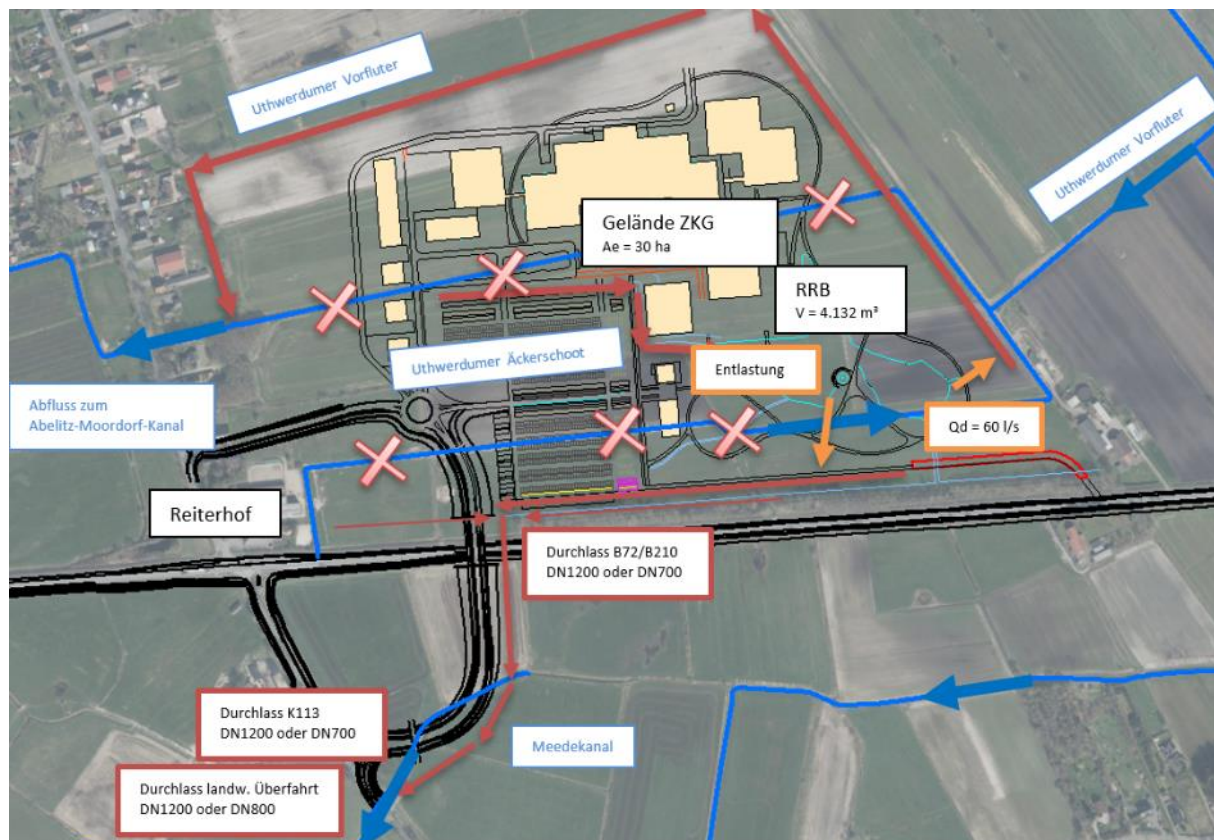


Abbildung 3-2: Entwässerungskonzept Planzustand 2. (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

3.3 Planzustand 3

Nach Detaillierung der Planung (Juli 2022) wurde eine weitere Entwässerungsvariante als Planzustand 3 geprüft. Wie im Planzustand 2 ist eine Überleitung von Teilabflüssen aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters zum Meedekanal vorgesehen. Die Hochwasserabflüsse im Uthwerdumer Vorfluter würden dadurch reduziert und dieser dadurch entlastet.

Der Drosselabfluss aus dem geplanten RRB wird wie im Planzustand 2 in den umverlegten Uthwerdumer Vorfluter eingeleitet. Der Notüberlauf in Planzustand 3 erfolgt über einem neu

zu erstellenden Graben (mit vorgelagerter Flutmulde) parallel zur B72/B210, welcher in Richtung der geplanten Brücke hin ableitet, ein gesondertes Drosselbauwerk passiert und dann unter der Bahn und der B72/B210 über einen Durchlass DN800 (straßenbautechnisch erforderliches Mindestmaß) in Richtung Meedekanal ableitet. Durch die Flutmulde stehen erweitert sich der Rückhalteraum des RRB um ca. 4.000 m³ auf insgesamt ca. 9.300 m³. Dadurch wird weniger Wasser Richtung Meedekanal abgeleitet.

Der Uthwerdumer Äckerschloot wird überwiegend verfüllt und als neuer Graben auf das Klinikgelände verlegt, er nimmt einen Großteil der dort anfallenden Abflüsse auf und leitet diese dem RRB zu. Der westliche Abschnitt des Äckerschloots wird zu einem Entwässerungsgraben III. Ordnung herabgestuft, der die Entwässerung der Flächen des Reiterhof und eines Teils der neuen Straße (K 115n) aufnimmt.

Im Planzustand 3 bleibt die Entwässerung des südlich des Klinikgrundstücks benachbarten Grundstücks der EAE an den Uthwerdumer Vorfluter angeschlossen, allerdings über eine Gefälleänderung und direkte Grabenverbindung statt über den Uthwerdumer Äckerschloot.

Das Gefälle der Gräben zur Entwässerung der Flächen vom Reiterhof wird angepasst und der Abfluss über ein DN500 unter der neuen Kreisstraße (K 115n) in Richtung Südosten in den neu zu erstellenden Durchlass DN800 zum Meedekanal geleitet. Südlich der Bundesstraße werden auch die Abflüsse der neuen Straßenoberflächen (Aufweitung Bundesstraße und neue Kreisstraße K 115n) dem Meedekanal zugeleitet.

Die Teileinzugsgebiete sind in Abbildung 4-6 dargestellt.

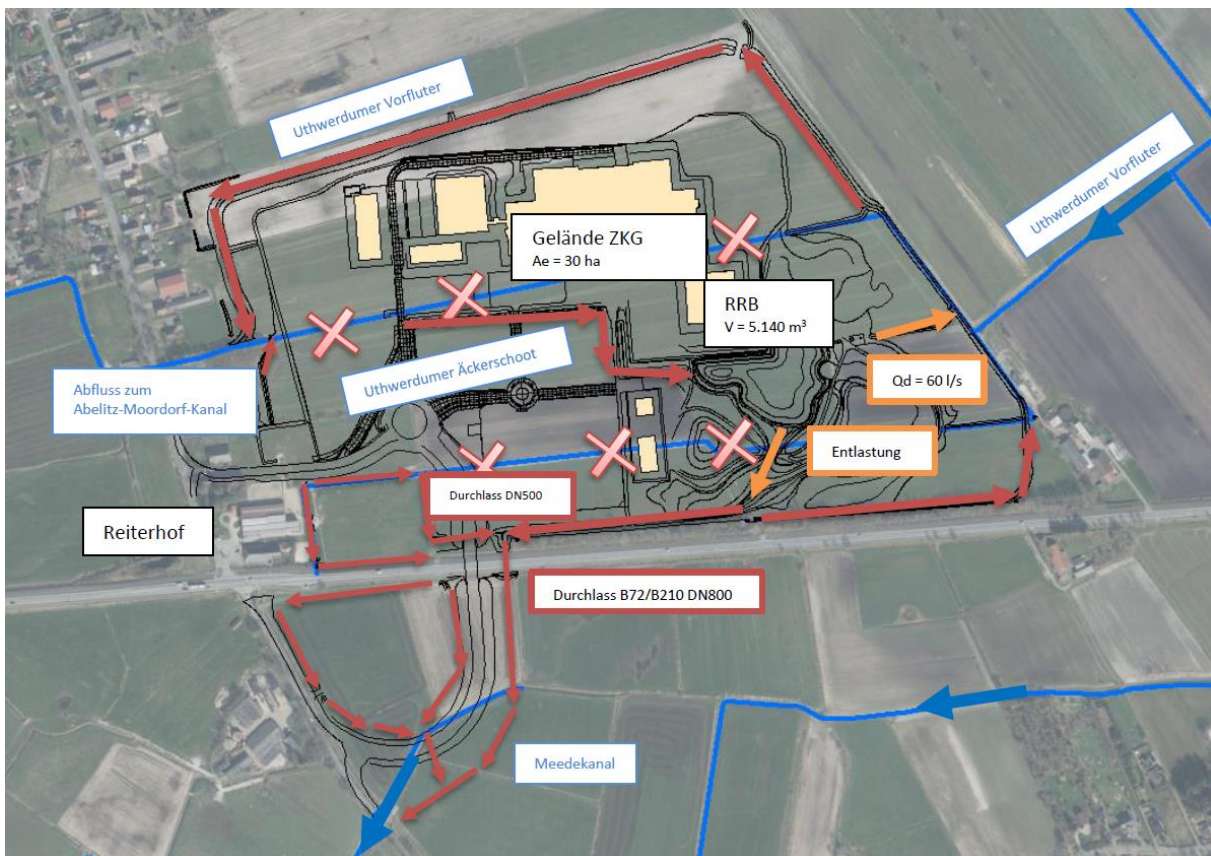


Abbildung 3-3: Entwässerungskonzept Planzustand 3 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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).

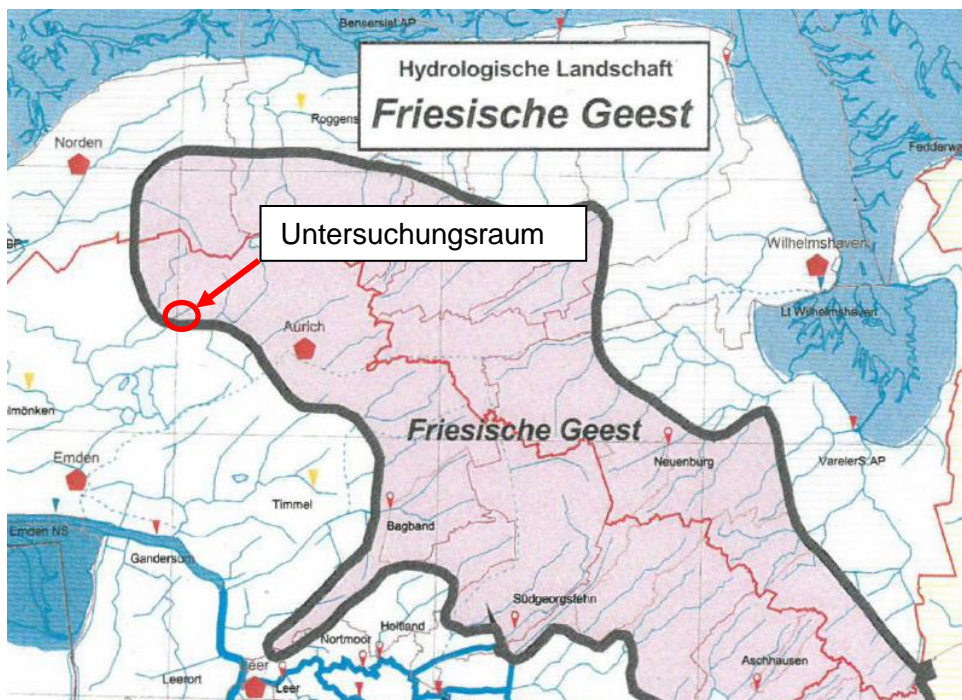


Abbildung 4-1: Hydrologische Landschaft Friesische Geest aus „Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen“, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie 2003

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. Ausgangsdaten für Bestimmung der maßgebenden Hochwasserabflüsse in der o.g. Studie bildeten die an Pegeln gemessene Hochwasserscheitelabflüsse. Für nicht erfasste Gebiete

wurden die Werte mit Hilfe regionaler Übertragungsfunktionen ermittelt. Die Dauer eines Ereignisses findet nach diesem Verfahren keine Berücksichtigung.

Ein spezifisches Regenereignis nach KOSTRA (Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung des DWD) liegt der Abflusssspende somit nicht zu Grunde.

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 Abflusssspende 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 Abflusssspende 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 Abflusssspenden von ca. 20 % zu rechnen ist.

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

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

Für das Gesamteinzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters berechnet sich die maßgebliche Abflusssspende 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).

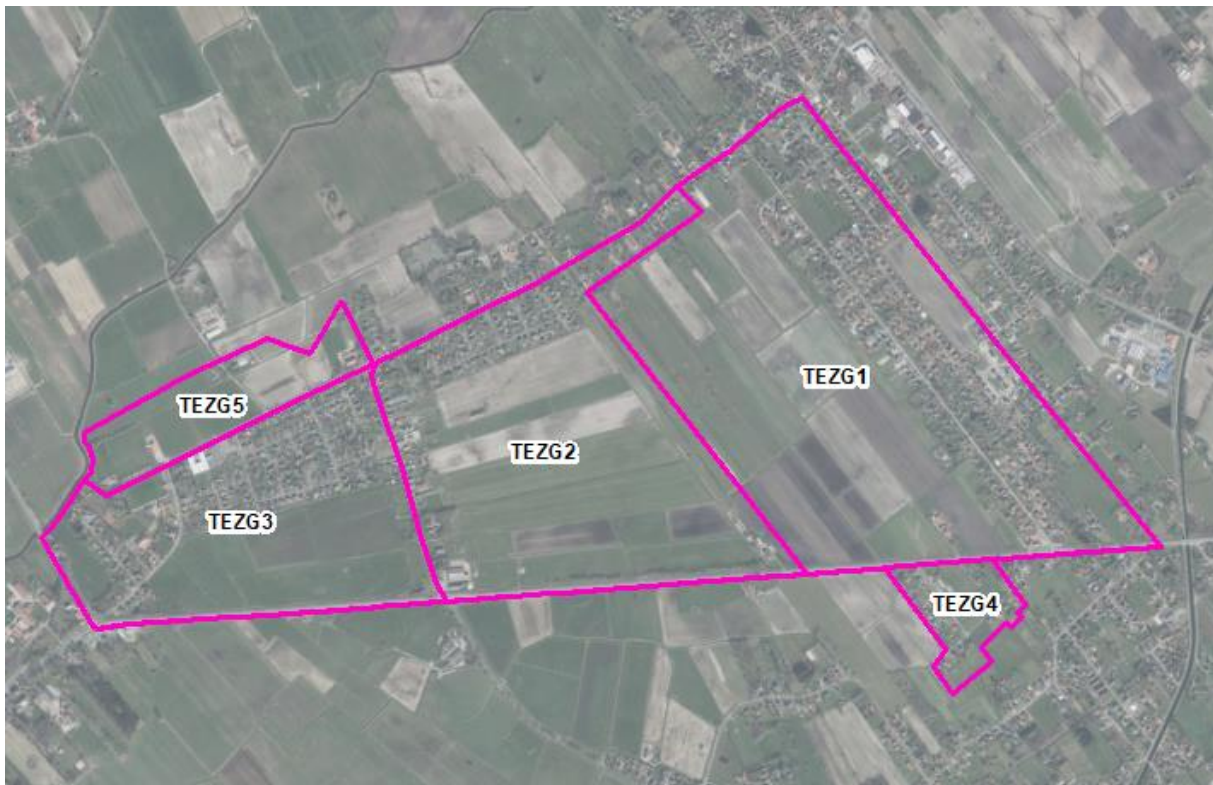


Abbildung 4-2: Teileinzugsgebiete Uthwerdumer Vorfluter (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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.

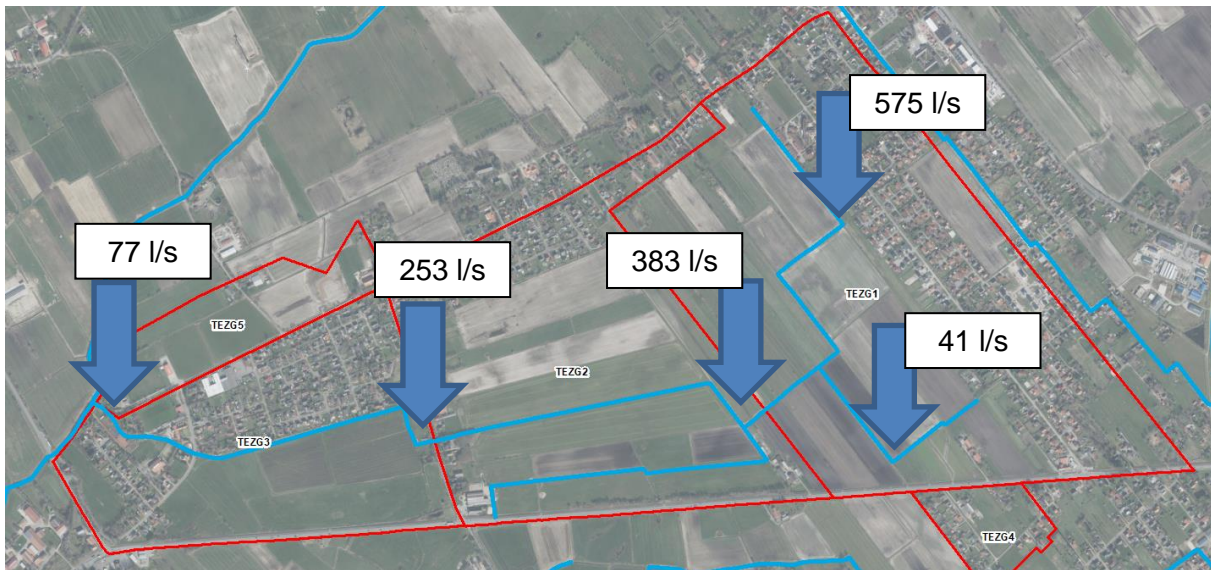


Abbildung 4-3: HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Istzustand (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

Im worst-case würde der Uthwerdumer Vorfluter innerhalb des geplanten Klinikgeländes derzeit bei einem HQ100 somit bis zu 1.000 l/s abführen.

Insgesamt handelt es sich um ein „träges System“ da aufgrund des geringen Gefälles und der über Pumpwerke gesteuerten Entwässerung sowie Beeinflussung durch Wind die Fließgeschwindigkeiten sehr gering sind. Es können sogar rückläufige Strömungsverhältnisse auftreten. Dies hat auch zur Folge, dass die Hochwasserereignisse nicht schnell abfließen können und ggf. über einen längeren Zeitraum auftreten können (Abhängig vom Ereignis und von äußeren Randbedingungen – Windverhältnisse und Pumpwerkssteuerung).

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 Stand der Planung 2021 hat einen Drosselabfluss von 60 l/s und ein Retentionsvolumen von 4.132 m³ ergeben (IST, Mai 2021). Im fortgeschriebenen Planzustand 3 (IST, Juli 2022) bleibt der Drosselabfluss unverändert, das Retentionsvolumen erhöht sich etwas auf 4.623 m³. Die Bemessung des RRB ist auf ein zehnjährliches Regenereignis + 15 % Klimazuschlag ausgelegt.

Durch die Berücksichtigung des RRB 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 l/(s*ha) x 30 ha = 132,3 l/s.

Durch die Drossel werden 60 l/s an das Gewässer abgegeben, d.h. 72,3 l/s (132,3 l/s – 60 l/s = 72,3 l/s) laufen über den Notüberlauf des RRBs über oder werden im RRB zurückgehalten (wenn es noch nicht gefüllt ist). Für die Prüfung, ob das geplante RRB-Volumen von 4.132 m³ bzw. 4.623 m³ für die Rückhaltung ausreicht, ist neben dem Abflussscheitel (72,3 l/s) auch die Dauer des Ereignisses relevant. Aus dem Gutachten „Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen, Abflüsse in Hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze“ kann keine maßgebliche Niederschlagsdauer abgeleitet werden, daher

wurde diese mit Hilfe der in KOSTRA-DWD 2010R angegebenen Niederschlagsspenden abgeleitet.

Die für den Abfluss von 4,41 l/(s*ha) maßgebliche Niederschlagsspende liegt etwas höher als 4,41 l/(s*ha), da nicht 100% des Niederschlags zum Abfluss kommen. Der gefallene Niederschlag ist für die Ermittlung des Abflusses, um Benetzungs- und Muldenverluste zu reduzieren. Diese liegen für befestigte Flächen in Abhängigkeit der Oberflächenbeschaffenheit zwischen 0% und 60% (DWA-A 102-2/BWK-A 3-2, Dezember 2020).

Nach den Niederschlagsdaten aus KOSTRA-DWD 2010R liegt die Dauerstufe für ein 100-jährliches Niederschlagsereignis mit einer Spende von 4,8 l/(s*ha) bei 48 Stunden (siehe Abbildung 4-12). Für dieses Ereignis lägen die Benetzungs- und Muldenverluste mit ca. 10% auf der sicheren Seite.

Für dieses Ereignis ergibt sich ein Abflussvolumen von ca. 12.500 m³:

$$72,3 \text{ l/s} * 48 \text{ h} (172.800 \text{ sec}) = 12.493.440 \text{ l} \sim 12.500 \text{ m}^3$$

Rund 12.500 m³ müssten in dem RRB zurückgehalten werden, wenn der Drosselabfluss von 60 l/s auch bei einem hundertjährigen Regenereignis nicht überschritten werden soll. Das aktuell geplante Volumen von 4.132 m³ bzw. 4.623 m³ ist - wie üblich - für eine zehnjährliches Regenereignis, hier sogar bereits mit einem Klimazuschlag von 15 % berechnet, reicht aber somit natürlich nicht aus, ein hundertjährliches Regenereignis ohne Überlauf zurückzuhalten. Aus diesem Grund wurde angenommen, dass das RRB mit 72,3 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).

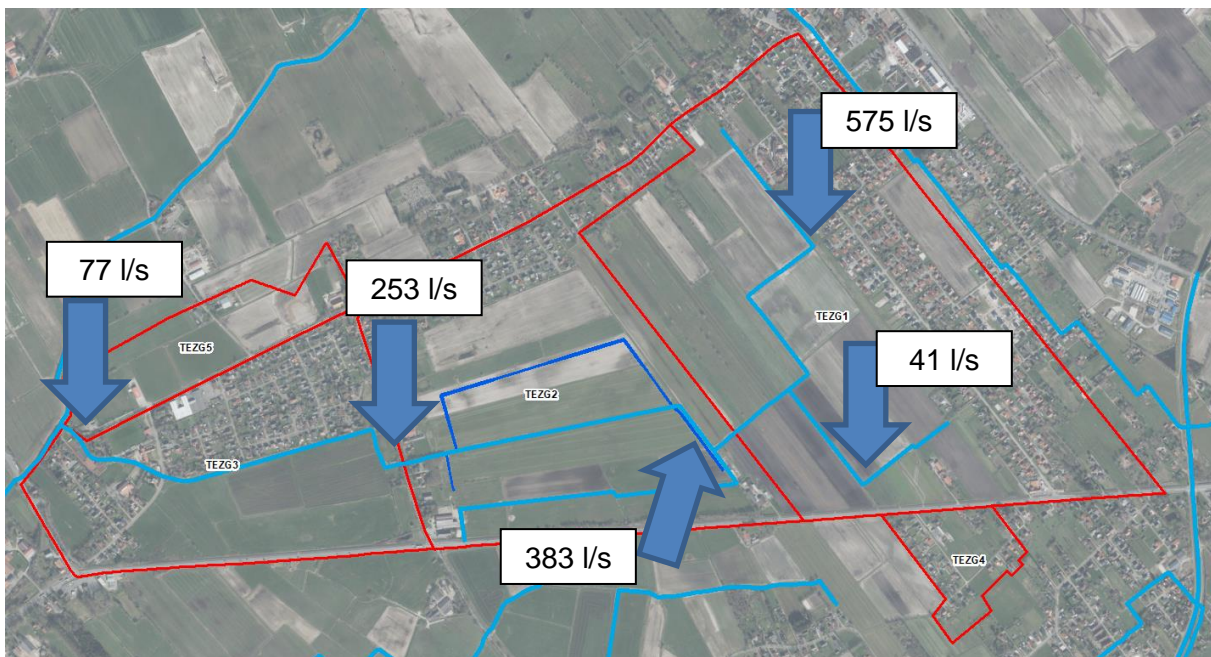


Abbildung 4-4: HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 1 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

In Planzustand 2 soll das HQ100 der Flächen der EAE ($4,8 \text{ ha} * 4,41 \text{ l/(s*ha)} = 21,2 \text{ l/s}$) und des Reiterhofs inkl. Teilabschnitte der K 115n ($3,3 \text{ ha} * 4,41 \text{ l/(s*ha)} = 14,1 \text{ l/s}$) sowie der Notüberlauf aus dem RRB (72,3 l/s) Richtung Meedekanal abgeleitet werden (siehe Kapitel 3.2). Der Zufluss zum Uthwerdumer Vorfluter reduziert sich somit um $(21,2+14,1+72,3)$ ca. 108 l/s von 383 l/s auf 275 l/s (siehe Abbildung 4-5). Die übrigen Zuflüsse verändern sich im Planzustand 2 gegenüber Planzustand 1 nicht.

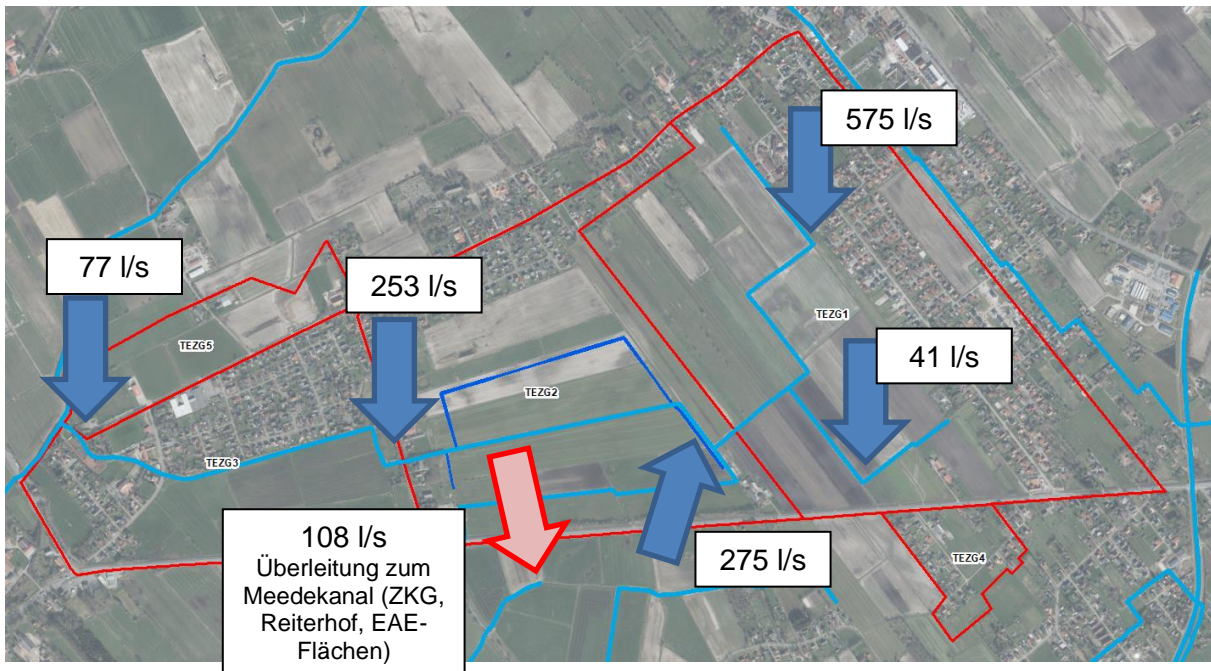


Abbildung 4-5: HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 2 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

In Planzustand 3 soll das HQ100 der Flächen des Reiterhofs, der Teilflächen der neuen Straße K 115n sowie der Notüberlauf aus dem RRB gedrosselt in Richtung Meedekanal abgeleitet werden (siehe Kapitel 3.2). Die Flächen der EAE werden unverändert in den Uthwerdumer Vorfluter geleitet. Der Zufluss zum Uthwerdumer Vorfluter reduziert sich somit um $14,1 \text{ l/s} + 72,3 \text{ l/s} = \text{ca. } 86 \text{ l/s}$ von 383 l/s auf 297 l/s (siehe Abbildung 4-6). Die übrigen Zuflüsse verändern sich im Planzustand 3 gegenüber Planzustand 1 und 2 nicht.

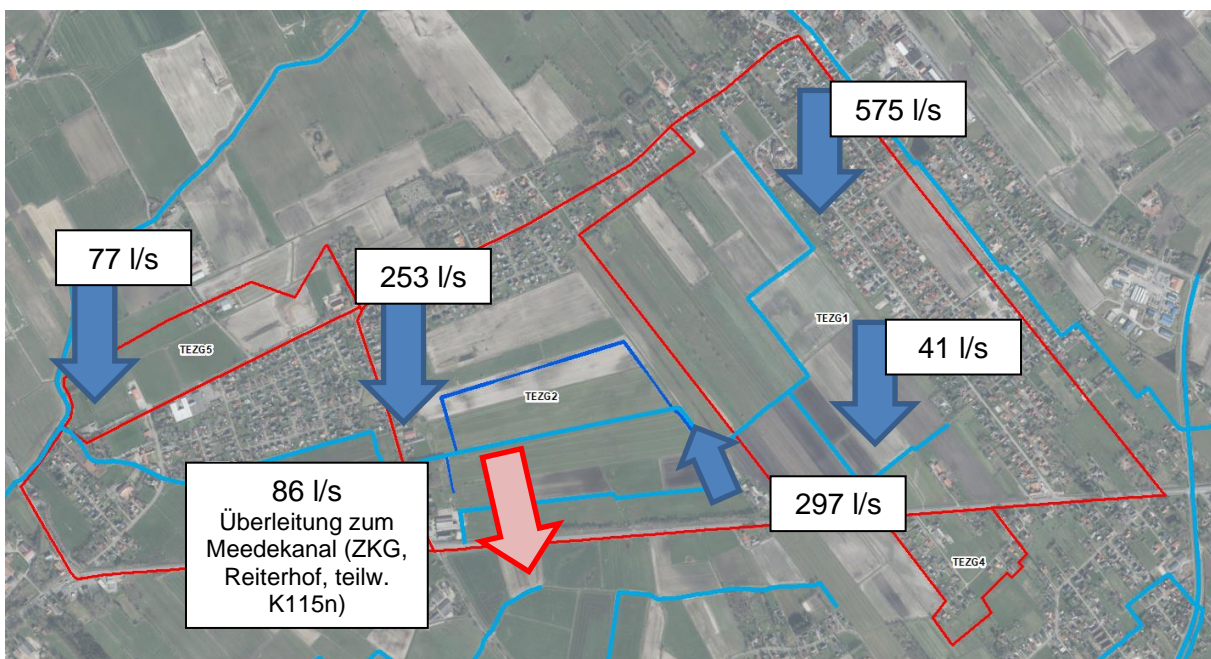


Abbildung 4-6: HQ100-Zuflüsse zum Uthwerdumer Vorfluter, Planzustand 3 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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 Abflussspende 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 Abflussspende 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.

Für die Belastung des hydraulischen Modells wurde das Einzugsgebiet des Meedekanal in sieben Teileinzugsgebiete unterteilt (siehe Abbildung 4-7) und für jedes der zugehörige HQ100-Abfluss berechnet (siehe Tabelle 4-2).

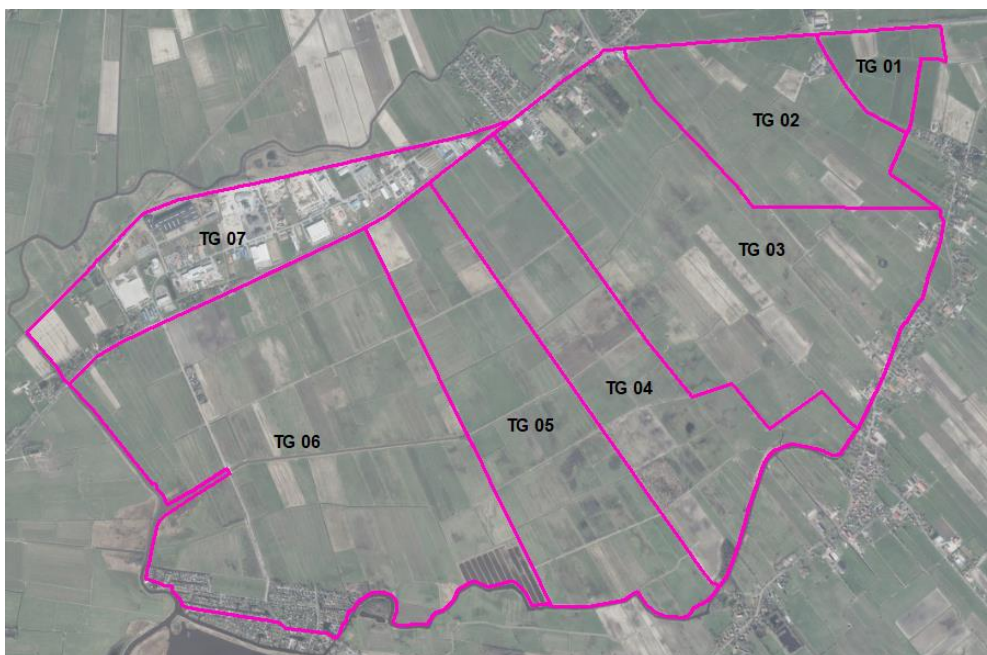


Abbildung 4-7: Teileinzugsgebiete Meedekanal, Istzustand (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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 (s. Abbildung 4-8). Dies entspricht dem „worst-case“-Ansatz für die Belastung, da die Gräben über die gesamte Gewässerstrecke im betroffenen Teilgebiet den maximalen Abfluss führen.

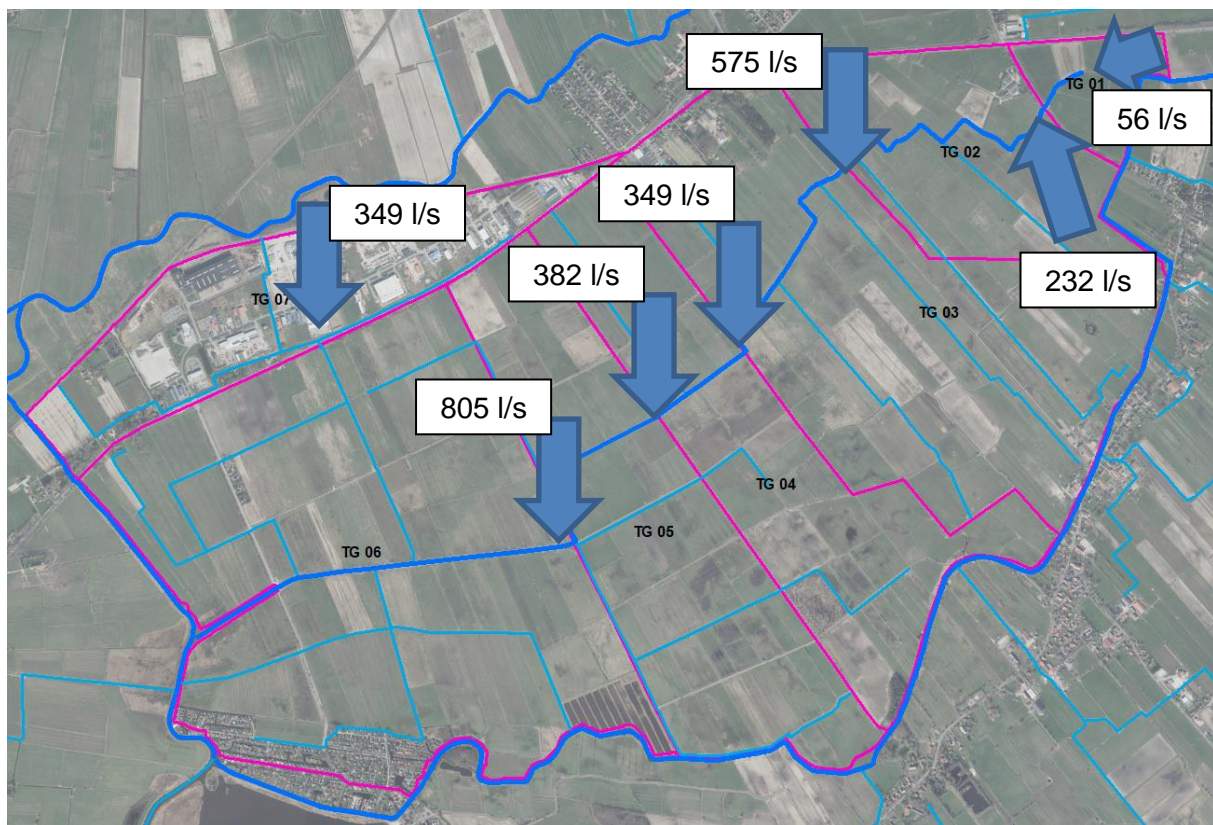


Abbildung 4-8: HQ100-Zuflüsse zum Meedekanal, Istzustand (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

4.1.2.2 Planung

In der Planungsvariante 2 soll dem Meedekanal der Notüberlauf des RRB ZKG-Gelände ganz (Var. 2a) oder teilweise (Var. 2b) zugeführt werden. Für den hydraulischen Nachweis wurde daher der zu erwartende Notüberlauf 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 Überlauf 4.132 m³.

Die entsprechende Regenspende des Wiederkehrintervalls von $T = 100$ a (Dauerstufe $D = 240$ Minuten) liegt bei $37,5 \text{ l/(s*ha)}$, zzgl. 15% Sicherheitszuschlag = $43,1 \text{ l/(s*ha)}$. 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 Entwässerungsgrenzgrabens an den Flächen der EAE und einen Abschnitt südlich der neuen Zufahrtsstraße (Bereich Reiterhof) werden zusätzlich $21,2 \text{ l/s} + 14,1 \text{ l/s} = \text{ca. } 35 \text{ l/s}$ Zufluss bei einem HQ100-Ereignis berücksichtigt.

Für die Planzustände 2 und 2a wird das hydraulische Modell des Meedekanals mit dem o.g. Zufluss von insgesamt 1.268 l/s ($1.233 \text{ l/s} + 35 \text{ l/s}$) zusätzlich zu den Abflüssen aus dem Bestand belastet (siehe Abbildung 4-9).

Bei der Ermittlung der Bemessungsabflüsse wurde für den Notüberlauf 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 wurde (Planzustand 3).

Im Planzustand 2b wurde der Zufluss aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters durch eine Abflussregelung für das ZKG-Gelände entsprechend der Gewässerplanung des Büro IST von 1.233 l/s auf den maximalen Durchfluss von 552 l/s reduziert, um, gemeinsam mit dem ungedrosselten Abfluss vom Grenzgraben EAE und dem Bereich Reiterhof/K115n (ca. 35 l/s), gesamt 587 l/s , 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.

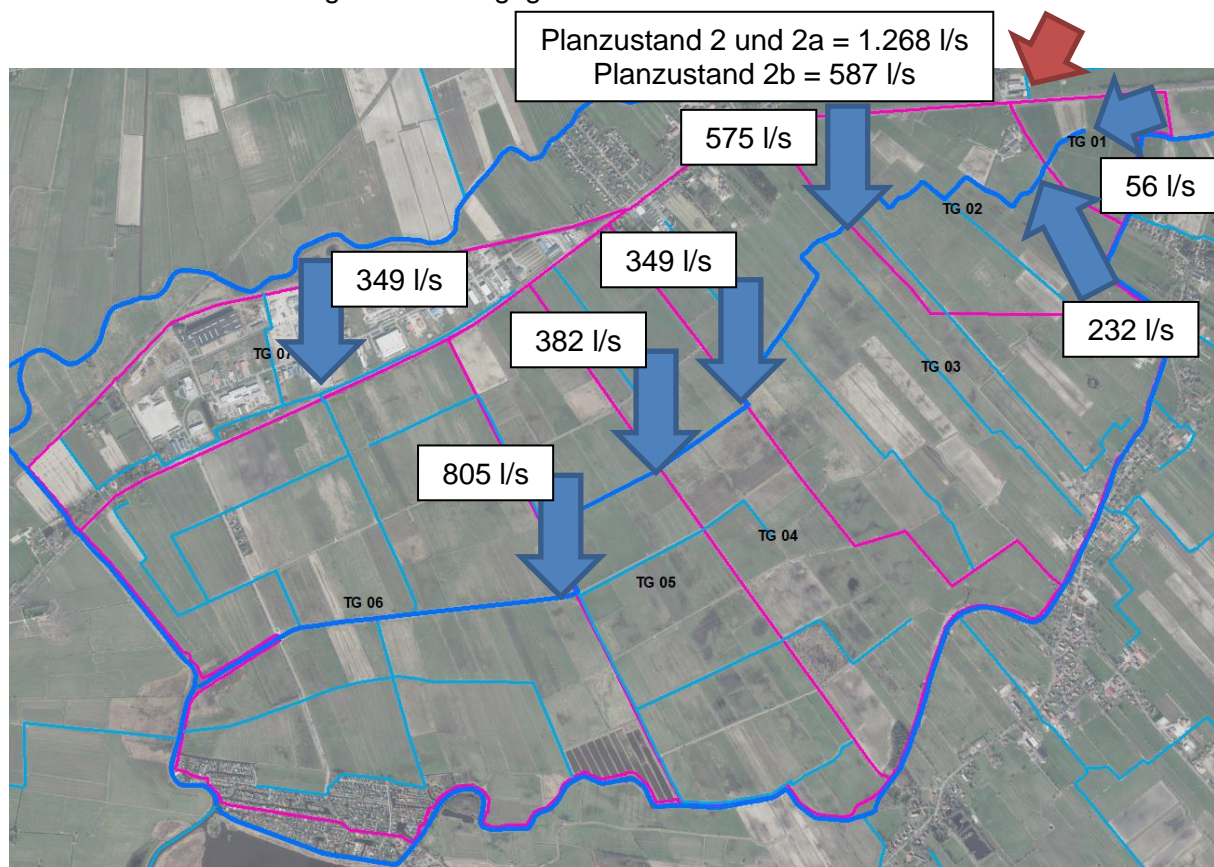


Abbildung 4-9: HQ100-Zuflüsse zum Meedekanal, Planzustände 2, 2a und 2b (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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 1.268 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 DN700-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 DN700-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 4-10).

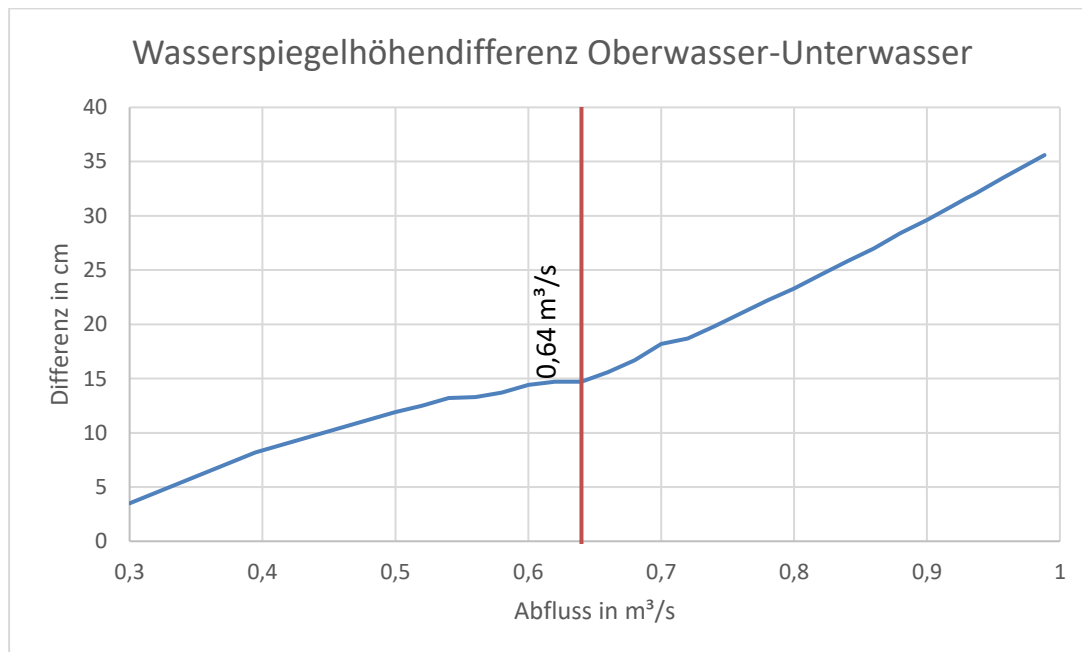


Abbildung 4-10: Leistungsfähigkeitsbetrachtung Durchlass unter der K113: Prüfung des Rückstaus anhand der Wasserspiegellagedifferenz von Ober- und Unterwasser

Ab einem Abfluss von 0,81 m³/s sind aufgrund der Geländehöhe im Böschungsbereich des Gewässers (an niedrigen Stellen von -0,65 mNN bis -0,50 mNN) Ausuferungen aus dem Gewässer zu erwarten (siehe Abbildung 4-11).

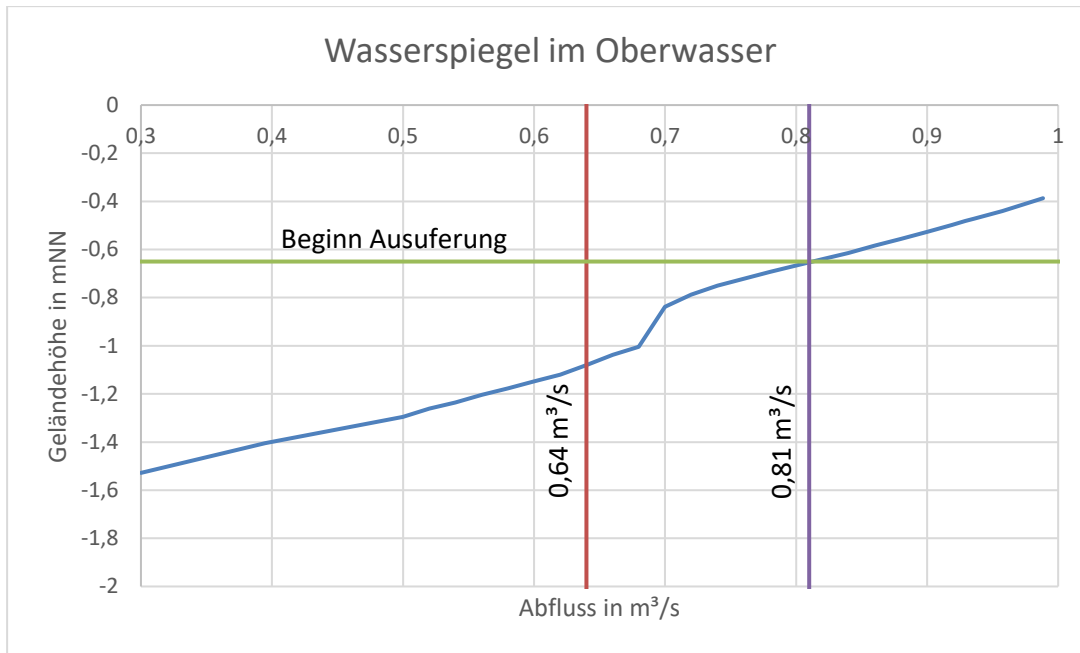


Abbildung 4-11: Leistungsfähigkeitsbetrachtung Durchlass unter der K113: Beginn der Ausuferung im Oberwasser

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- Notüberlauf) so weit reduziert werden, dass die maximale Durchflussleistung des DN700-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 1.268 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 1.268 l/s auf 587 l/s reduziert (davon 552 l/s durch Drosselung beim ZKG). 56 l/s kommen aus dem Einzugsgebiet des Meedekanal oberhalb vom Durchlass unter der K113 dazu. Insgesamt fließen dem Durchlass dann somit 643 l/s zu, was genau seiner derzeitigen Leistungsfähigkeit entspräche.

Für die Drosselung beim ZKG käme ein 2. Notüberlauf in den Uthwerdumer Vorfluter in Frage (die Kapazität im Uthwerdumer Vorfluter wäre für diesen Fall noch nachzuweisen), oder es wird zusätzliches Rückhaltevolumen im RRB bzw. auf dem ZKG-Gelände bereitgestellt, in Verbindung mit einer gedrosselten Ableitung nach Süden, beispielsweise über ein regulierbares Drosselbauwerk. Mit den in Kapitel 4.1.2.2 Annahmen des Notüberlaufs berechnet sich ein zusätzlich erforderliches Retentionsvolumen von:

$$1,233 \text{ m}^3/\text{s} - 0,552 \text{ m}^3/\text{s} = 0,681 \text{ m}^3/\text{s} * 185 \text{ Minuten (11.100 sec)} = \underline{7.560 \text{ m}^3}$$

In Planzustand 3 wurde eine entsprechende Flutmulde mit ca. 4.000 m³ Volumen über die Geländemodellierung eingeplant. Eine Notentlastung von der Flutmulde in den Uthwerdumer Vorfluter erfolgt erst, wenn ein hundertjähriges Ereignis überschritten und das Freibord von RRB und das Volumen der Flutmulde ausgeschöpft wurden.

Nach Planungen Stand Januar 2023 sollen der Durchlass DN700 unter der K 113 und der nachfolgende Durchlass durch Rahmendurchlässe 1,2 x 1,2 m aus straßenbautechnischen und ökologischen Gründen ersetzt werden. Dieser Änderungen werden im Gutachten nicht

mitbetrachtet, da sie im Nachgang zu den Untersuchungen entschieden wurden. Der Ansatz des bisherigen Durchlasses DN700 bietet eine zusätzliche Sicherheit aufgrund der darauf abgestimmten Rückhaltung im Bereich des ZKG. Die Ausbildung der Durchlässe als Rahmen-durchlass hat hier keinen Einfluss auf die Bewertung der Ergebnisse. Insgesamt ist die Entscheidung positiv zu beurteilen, da die Sicherheit eines einstaufreien Durchflusses im Bereich der Durchlässe dadurch weiter erhöht wird.

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 innerhalb und im direkten Umfeld des Plangebietes wurden zusätzlich zu den HQ100-Bemessungsabflüssen für die Gewässer auch flächige Niederschlagsbelastungen bei Starkregenfällen (T_{n100} und größer) ermittelt. Für den Nachweis der Starkregensituation wurde in Abstimmung mit dem Landkreis Aurich ein Belastungsniederschlag T_{n100} nach KOSTRA-DWD 2010R verwendet sowie fiktive Annahmen für noch größere Starkregenereignisse getroffen.

Im Dezember 2022 wurde vom DWD der neue Datensatz KOSTRA-DWD 2020 veröffentlicht, welcher ab dem 1. Januar 2023 gültig ist. Da die Untersuchungsergebnisse zu diesem Zeitraum bereits vorlagen, wurden die Belastungsdaten nicht auf den neuen Datensatz aktualisiert. Die Niederschlagsspenden liegen für den Untersuchungsraum für das 100-jährliche Ereignis ca. 3% über den Werten aus KOSTRA 2010R. Die Ergebnisse der Studie werden in erster Linie als Vergleich zwischen dem heutigen Zustand und dem Planzustand unter Berücksichtigung der neuen Bebauung ausgewertet. Eine Aktualisierung der Belastungsdaten würde sich somit für alle Zustände in gleicher Weise auswirken. Es ist somit nicht davon auszugehen, dass sich die in dieser Studie erarbeiteten Ergebnisse durch die neuen KOSTRA-Daten wesentlich verändern. Zudem sind die Auswirkungen höhere Niederschlagsereignisse bereits mit den zusätzlichen Starkregensimulationen berücksichtigt.

Für die Überflutungsereignisse, die durch eine Überlastung der Aufnahmekapazität des Bodens auftreten, wurde zunächst ein hundertjährliches Starkregenereignis 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 15 Minuten 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 4-12: 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 $D = 1$ h und $D = 72$ h

	Abflussscheitel in m^3/s		Abflussvolumen in m^3	
	$D = 1$ h	$D = 72$ h	$D = 1$ h	$D = 72$ 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 100-jährliche Niederschlagsereignis nach KOSTRA-DWD 2010R mit einer Dauerstufe von 1 h ohne Abminderung herangezogen. Das Ereignis wird mit einer Höhe von **42,6 mm** ($42,6 \text{ l/m}^2$) bzw. einer Belastungsspende von **118,3 $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$** angegeben (siehe Abbildung 4-12). Zum Vergleich nach den neuen KOSTRA-DWD 2020 Daten: $44,1 \text{ l/m}^2$ bzw. $122,5 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$.

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 4-13).

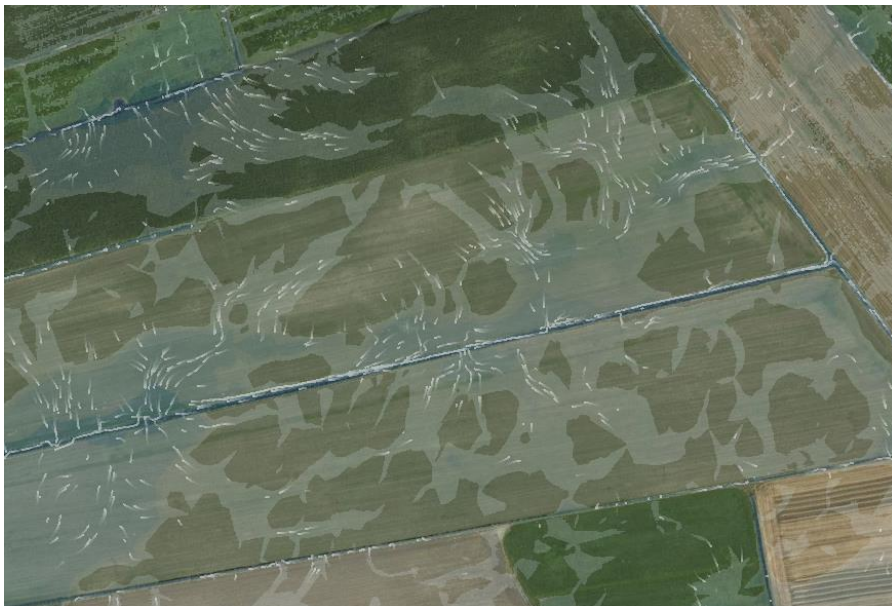


Abbildung 4-13: Beispielhaft Darstellung der Fließwege aus einer Starkregensimulation (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )

Zu weiteren Untersuchungen wurden mit dem Bestands- und mit dem Planungsmodell zwei weitere hydraulische Starkregensimulationen eines Extremereignisses für den Planungsbe-
reich durchgeführt:

- 100 l/m^2 in 2 Stunden
- 200 l/m^2 in 24 Stunden

Die beiden zusätzlich angenommenen Starkregenereignisse wurden auf Basis von Ereignissen aus der jüngsten Vergangenheit gewählt.

- Unweit vom Projektgebiet im Bereich Moordorf / Theene trat zwischen dem 10. und 11.09.2021 ein ungewöhnliches, räumlich sehr begrenztes Regenereignis mit ca. 100 l/m² in ca. 2 Stunden auf, was lokal zu Überschwemmungen führte (Pressemitteilung Süddeutsche Zeitung vom 11.09.2021 und Ostfriesische Nachrichten vom 10.9.2021, Information zum Niederschlag vom EVE).
- Zu einer Flutkatastrophe war es Mitte Juli 2021 im Ahrtal gekommen, mit Regenereignissen von bis zu 200 l/m² in 24 Stunden (Hydro-klimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021, DWD Stand 21.7.2021).

Wiederkehrhäufigkeiten nach KOSTRA lassen sich diesen Ereignissen fachlich fundiert nicht zuordnen. Es lässt sich jedoch feststellen, dass diese statistisch noch deutlich seltener zu erwarten sind als ein 100-jährliches Ereignis.

Für den Meedekanal wurde keine Starkregenbetrachtung für den Bestand durchgeführt, da die Beeinflussung des Gebietes nur durch eine punktuelle und gezielte Notüberleitung bestimmbarer Einleitmengen eines 100-jährlichen Ereignisses aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters zu prüfen ist.

5 Gewässerplanung

5.1 Betroffene Gewässerabschnitte

Das Planungsgelände wird von mehreren kleineren und größeren Gräben durchflossen. Für die Umsetzung des Vorhabens müssen Teilbereiche der Hauptgewässer des Einzugsgebietes, der Uthwerdumer Vorfluter und der Meedekanal (Gewässer II. Ordnung), umverlegt werden. Weitere kleinere Gräben (III. 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 Verbandsgewässer III. Ordnung. Weitere kleine Gewässer III. Ordnung sind aus der Hintergrundkarte als blaue Linien ersichtlich.

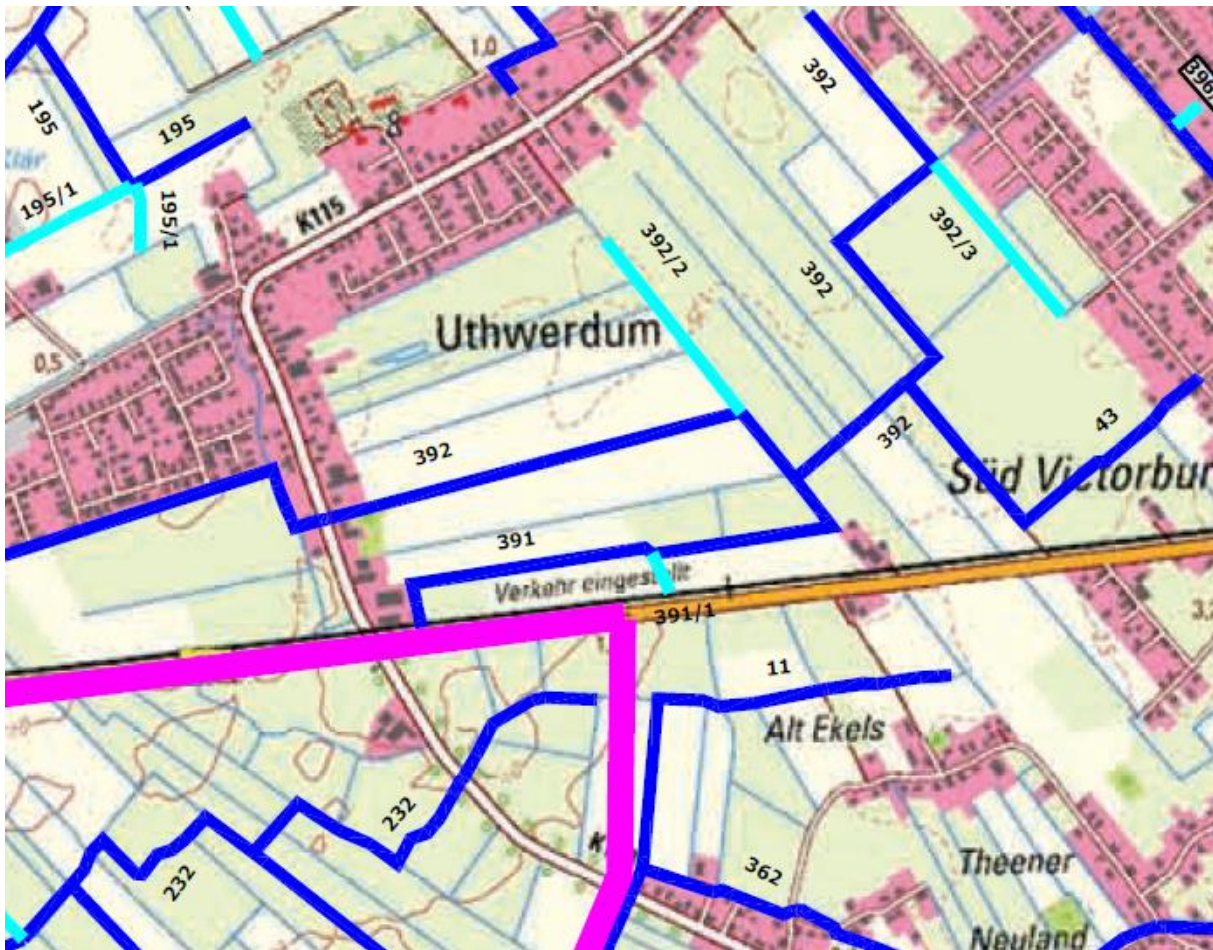


Abbildung 5-1: Gewässerverläufe im Planungsgebiet, Uthwerdumer Vorfluter (392), Uthwerdumer Äckerschloot (391), Brandendenschloot (43) und Meedekanal (Ausschnitt der Gewässerkarte Erster Entwässerungsverband Emden, Januar 2014)

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

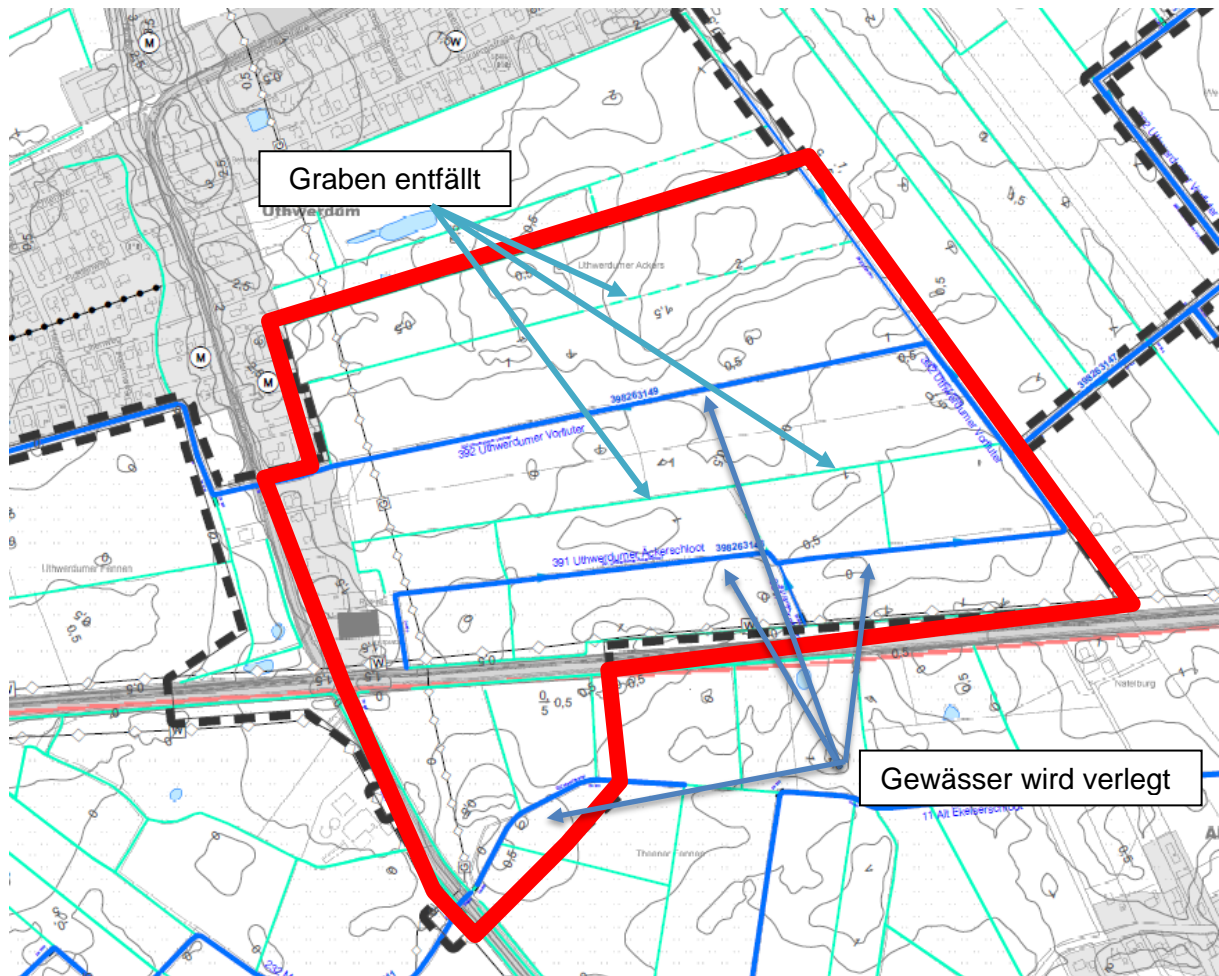


Abbildung 5-2: Betroffene Gewässer im Planungsraum (Hintergrundkarte: www.lgln.de ©2017 LGLN)

Hydrotec wurde im ersten Untersuchungsschritt 2021 für die Gewässerplanung (Planzustand 1 (a) und 2 (a, b)) 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 Verbandsgewässer II. und III. 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 in den Planzuständen 2021.

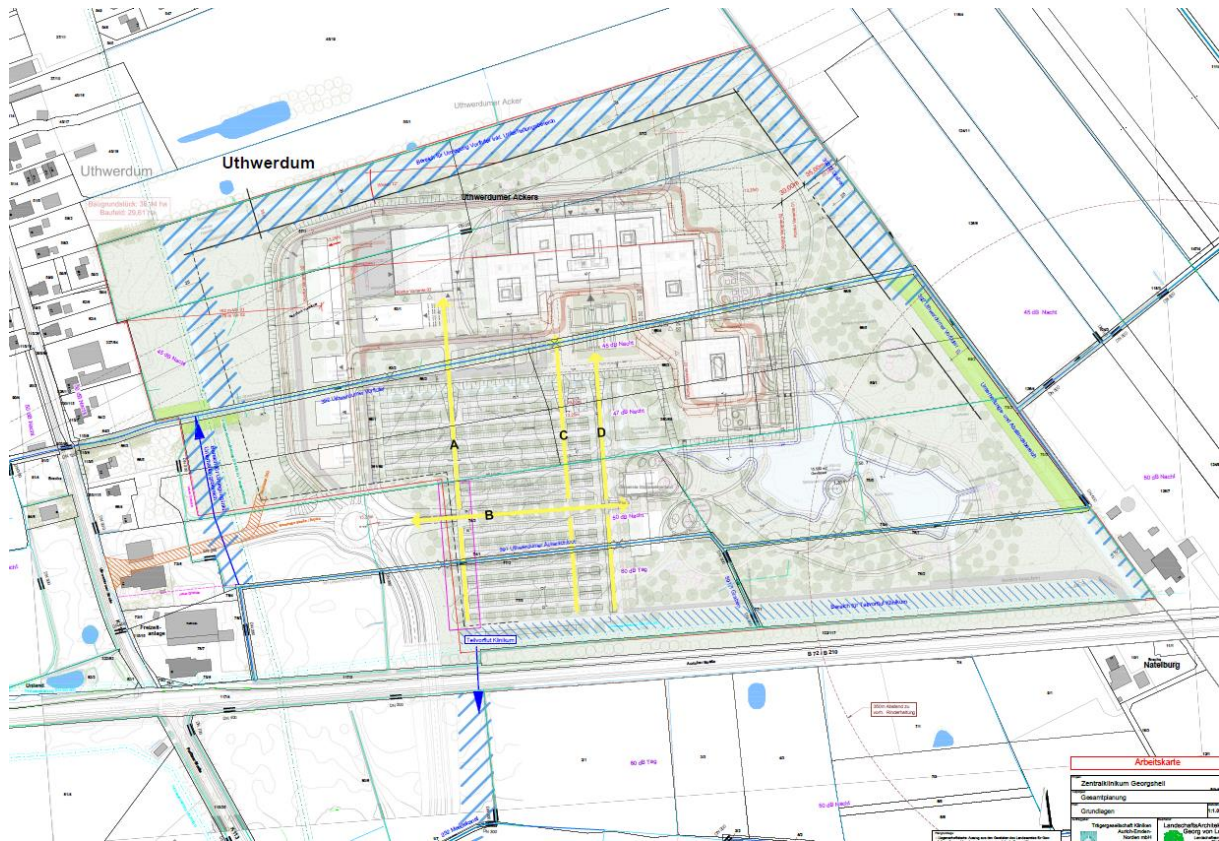


Abbildung 5-3: Für die Planung vorgesehenen Bereiche der umverlegten Gewässer (Konzept 04/2021)

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

Für den Planzustand 3 wurde eine fortgeschriebene Planung von den Projektbeteiligten übergeben und ohne weitere Anpassung von Hydrotec modelltechnisch abgebildet.

5.1.1 Uthwerdumer Vorfluter (Gewässer II. 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 im Planungsraum.

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 im Planzustand 1 bis 2. 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. Im Planzustand 3 ist entsprechend eine Verbreiterung des Uthwerdumer Vorfluters an der westlichen Uferseite vorgesehen. Abhängig von den Eigentumsverhältnissen, den erforderlichen Bewirtschaftungswegen, der Lage des Drosselbauwerks des RRB und den hydraulischen Randbedingungen wurde eine Optimierung der Trassenführung in der weiteren Planung berücksichtigt (Planzustand 3). So erfolgt eine deutliche Profilaufweitung und eine Verlängerung nach Westen (Gasleitung wird gedükert). Mit der Verlängerung wird eine bessere Grundstücksausnutzung erreicht.

Östlich der Querung der K115 schließt der geplante Vorfluter wieder an den Bestand an. Eine Veränderung am DN1200 Durchlass der K115 (Uthwerdumer Straße) 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 vom Plangebiet sowie der Uthwerdumer Vorfluter ober- und unterhalb der Umverlegung werden nicht verändert und sohlgleich an den neuen Gewässerverlauf angeschlossen.

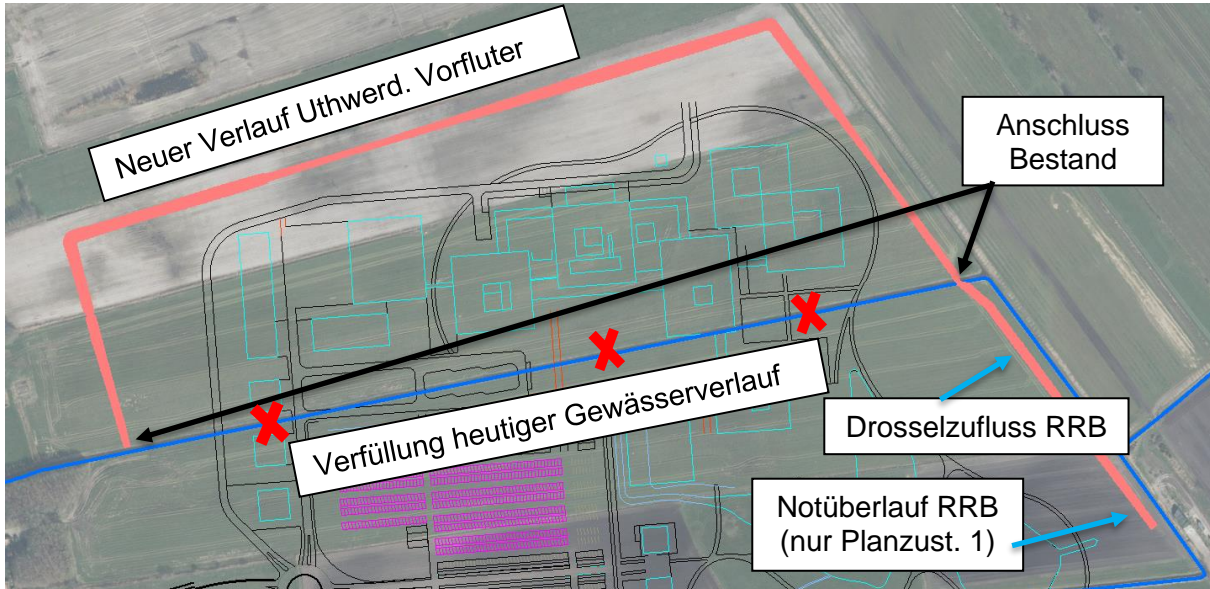


Abbildung 5-4: Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter, Verlauf Planzustände 1 bis 2 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

Der Drosselabfluss des RRB wird im Planzustand 1 und 2 über einen parallel zum bestehenden Uthwerdumer Vorfluter verlaufenden Graben zugeleitet. Im Zuge der weiteren Planung zum RRB ist hier auch die Einleitung in den bestehenden Uthwerdumer Vorfluter denkbar und im Planzustand 3 berücksichtigt. Eine Anpassung der Profilgeometrie (Aufweitung zur westlichen Böschungsseite) ist je nach umgesetzter Planungsvariante ggf. erforderlich und im Planzustand 3 erfolgt.

Der in Abbildung 5-5 dargestellte Planzustand 3 sieht keine parallele Gewässerführung mehr vor. Im Osten wird der bestehende Uthwerdumer Vorfluter aufgeweitet und nach Norden in der Umverlegung der Graben an der Ostseite (392/2) mit dem neuen Uthwerdumer Vorfluter zusammengelegt. Bevor der neue Gewässerverlauf nach Westen abknickt, ist ein Rahmendurchlass für eine spätere Rad- und Fußwegverbindung vorgesehen. Kurz davor wird der nach Norden fortlaufende Graben (392/2) angebunden. Der Uthwerdumer Vorfluter wird nördlich um das ZKG-Gelände geführt, wie in den Planzuständen 1 und 2 aber mit einem deutlich breiteren Profil.

Im Planfall 3 wird die dafür zu dükernde Gasleitung gequert und so etwas weiter westlich des ZKG-Geländes vor der Querung der K115 wieder an den Bestand angeschlossen. Eine Veränderung am Durchlass der K115 (Uthwerdumer Straße) ist auch in diesem Planfall nicht vorgesehen. Die Länge der Umverlegung beträgt ca. 1.030 m, damit verlängert sich der heutige Uthwerdumer Vorfluter um ca. 360 m. Der von Süden an den Uthwerdumer Vorfluter angeschlossene Entwässerungsgraben wird etwas verlegt. Die restlichen bestehenden Entwässerungsgräben nördlich und östlich vom Plangebiet sowie der Uthwerdumer Vorfluter ober- und unterhalb der Umverlegung werden im Verlauf nicht verändert und sohlgleich an den neuen Gewässerverlauf angeschlossen. Das Profil des Uthwerdumer Vorfluters wird ab dem östlichen Zufluss bis zum Beginn der Umverlegungsstrecke nach Westen aufgeweitet.

Der Drosselabfluss des RRB wird östlich des RRB dem bestehenden, aufgeweiteten Uthwerdumer Vorfluter zugeleitet.

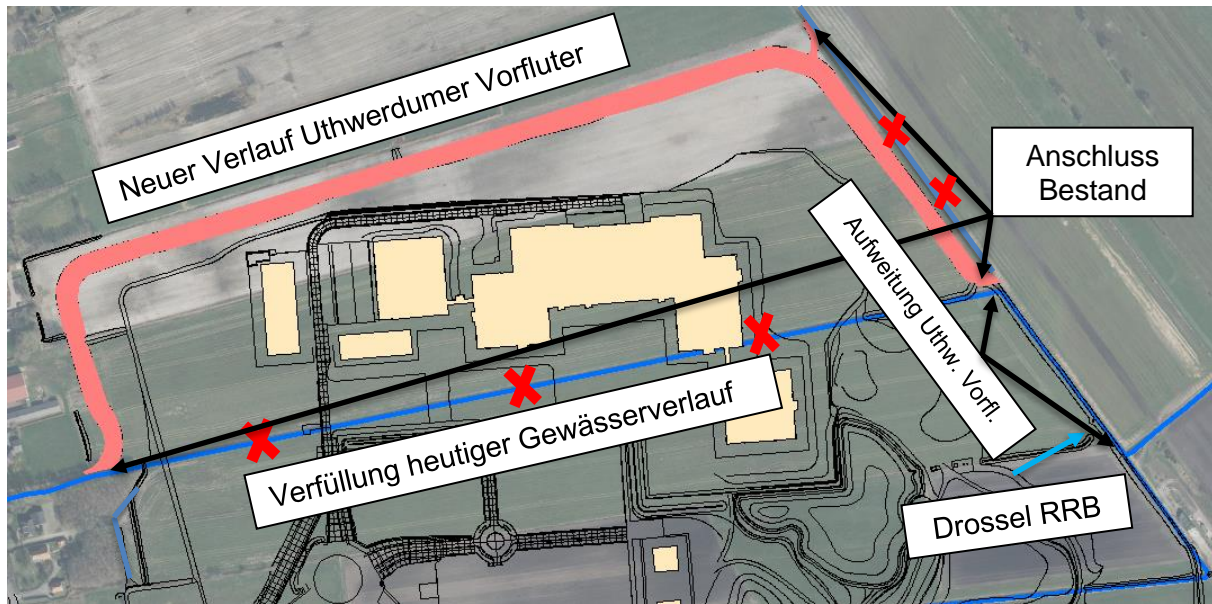


Abbildung 5-5: Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter, Verlauf Planzustand 3 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

5.1.2 Uthwerdumer Äckerschloot (Gewässer II. 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 Grundstück der EAE (Gehölzstreifen) auf und mündet östlich des Plangebietes in den Uthwerdumer Vorfluter. Er hat eine Gesamtlängelänge von 1,06 km.

Der Uthwerdumer Äckerschloot liegt nahezu über seine gesamte Fließlänge innerhalb des zukünftigen ZKG-Geländes und muss daher fast vollständig verfüllt bzw. umverlegt werden. Er wurde in das Niederschlagswasserbeseitigungskonzept des ZKG-Geländes integriert und Richtung Norden in das Freigelände des Klinikgeländes verlegt bzw. wird dort ein neuer Graben zur Grundstücksentwässerung angelegt. 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 Abbildung 5-6 zeigt die konzeptionell geplanten Maßnahmen am Uthwerdumer Äckerschloot.

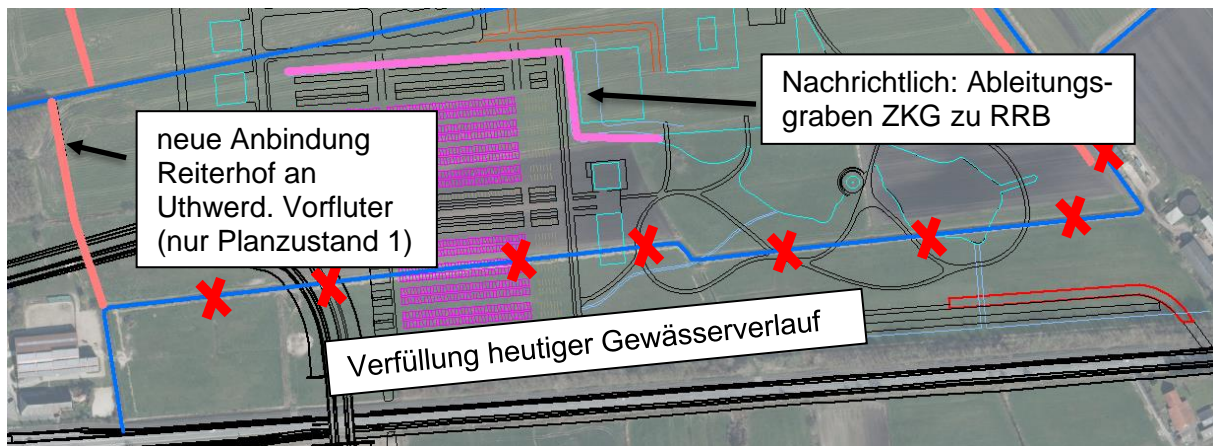


Abbildung 5-6: Maßnahmen am Uthwerdumer Äckerschloot für Planzustand 1 bis 2 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

Im Planzustand 3 bleibt der für die westlich angrenzende Bebauung (Reiterhof) und eines Teils der Straßenentwässerung erforderliche kurze Abschnitt des Äckerschloots erhalten und das Gefälle wird angepasst, sodass eine Entwässerung Richtung Osten zum Anschluss an den Meedekanal nach Süden erfolgt.

Die Überlaufschwelle des RRB ist in Richtung Süden zu dem neu zu erstellenden Graben mit vorgelagerter Flutmulde ausgerichtet.

Die Entwässerung des Grundstücks der EAE erfolgt nicht mehr über den bisherigen Verlauf des zu verfüllenden Äckerschloot, sondern durch Umkehrung der Fließrichtung des östlichen Grabenabschnitts und seiner Verlängerung nach Norden in den Uthwerdumer Vorfluter.

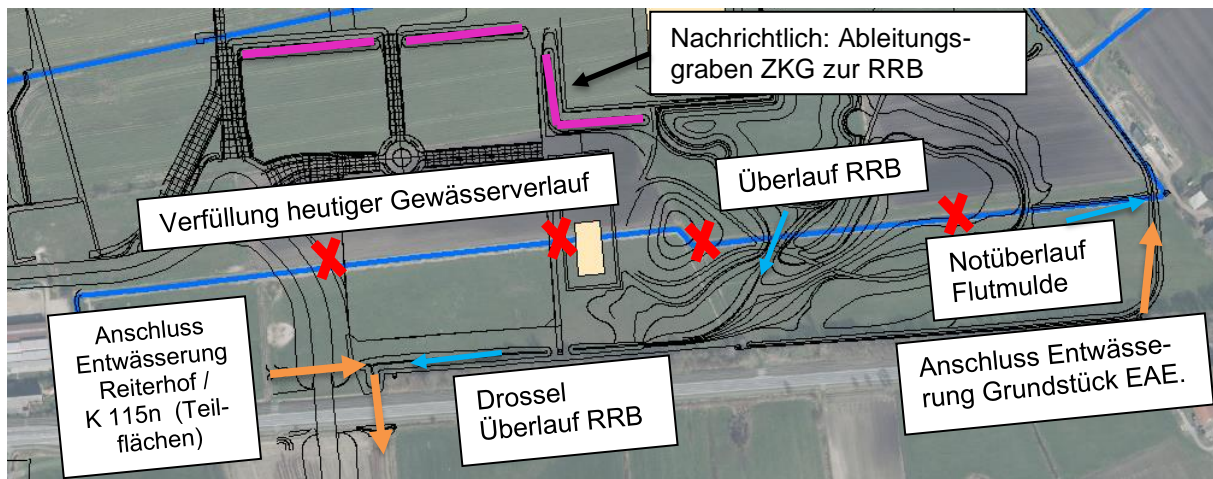


Abbildung 5-7: Maßnahmen am Uthwerdumer Äckerschloot für Planzustand 3 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

5.1.3 Meedekanal (Gewässer II. Ordnung, Gewässernummer 232)

Der Großteil des Planungsgebiets liegt im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters. Die Erschließung erfolgt ausgehend von der neu geplanten Kreisstraße K 115n (mit Brücke über die Bahnstrecke und die Bundesstraßen), die teilweise im Einzugsgebiet des Meedekanal liegt. Daher sind auch für einen kurzen Abschnitt des Meedekanal und einiger zufließende Entwässerungsgräben Maßnahmen erforderlich.

Der Meedekanal hat eine Gesamtläng von 5,48 km und beginnt südlich des Plangebiets ca. 320 m östlich der K113. Die nachfolgende Abbildung 5-8 zeigt die konzeptionell geplanten

Maßnahmen am Meedekanal östlich der K113 für Planzustand 2. Im Planzustand 1 wird der Meedekanal nur auf einem kurzen Abschnitt zur Anlage der neuen Kreisstraße K 115n verlegt.

Westlich der K113 soll bei der Umsetzung einer Überleitung von Niederschlagswasser (bei Anspringen des Notüberlaufs) aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters in den Meedekanal (Planzustand 2) ein Durchlass (landwirtschaftliche Überfahrt) von DN600 auf mind. DN800 vergrößert werden. Der DN600 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 und ein neuer Durchlass unter Bahntrasse und Bundesstraße ebenfalls mit DN1200. In Variante 2b bleibt der Durchlass in der K 113 unverändert bei DN 700 und die Überleitung wird auf DN 700 reduziert. Andere konkrete Planungen am Meedekanal sind nicht bekannt, daher entspricht das übrige System dem heutigen Zustand.

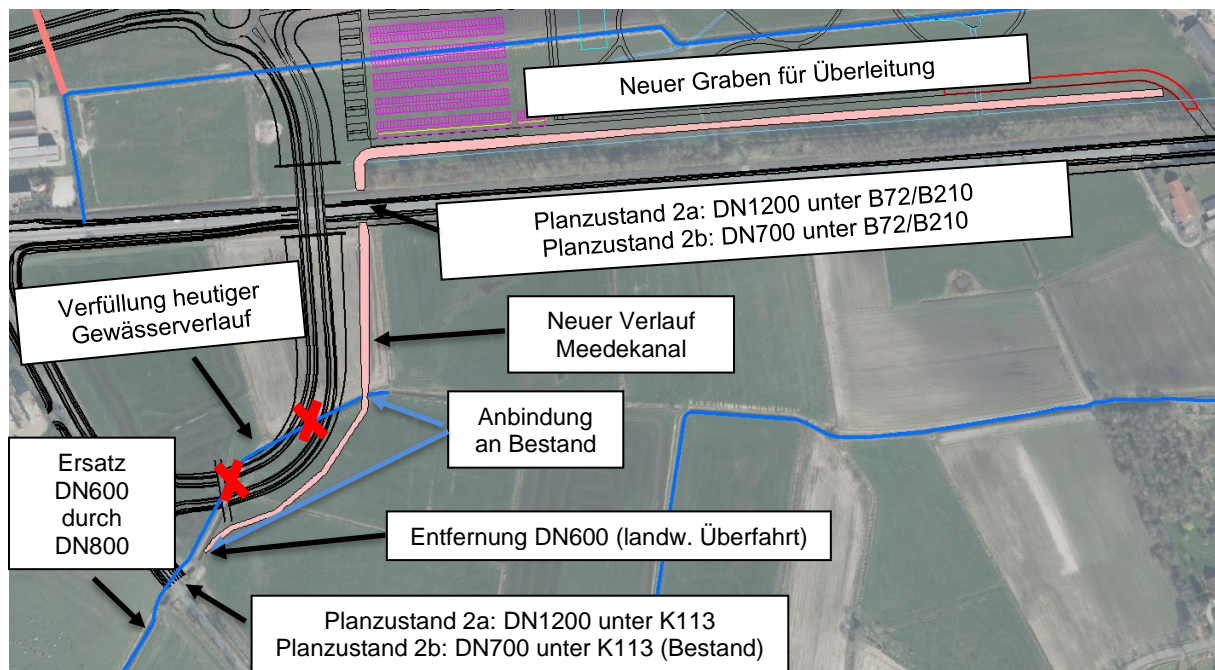


Abbildung 5-8: Maßnahmen am Meedekanal und Überleitung aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters für Planzustand 2 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

Die Abbildung 5-9 zeigt die konzeptionell geplanten Maßnahmen am Meedekanal östlich der K113 für Planzustand 3. Dabei erfolgt die Überleitung des Abflusses aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters über einen straßenbautechnisch erforderlichen DN800-Durchlass. Die von den Straßen K115n, B72/B210 und K113 künftige umfasste Fläche („Innenohr“ K 115n) entwässert über ein DN600 in den verlegten Meedekanal. Neben der Straßenentwässerung nimmt der DN600 auch die Entwässerung der verbleibenden landwirtschaftlichen Fläche auf.

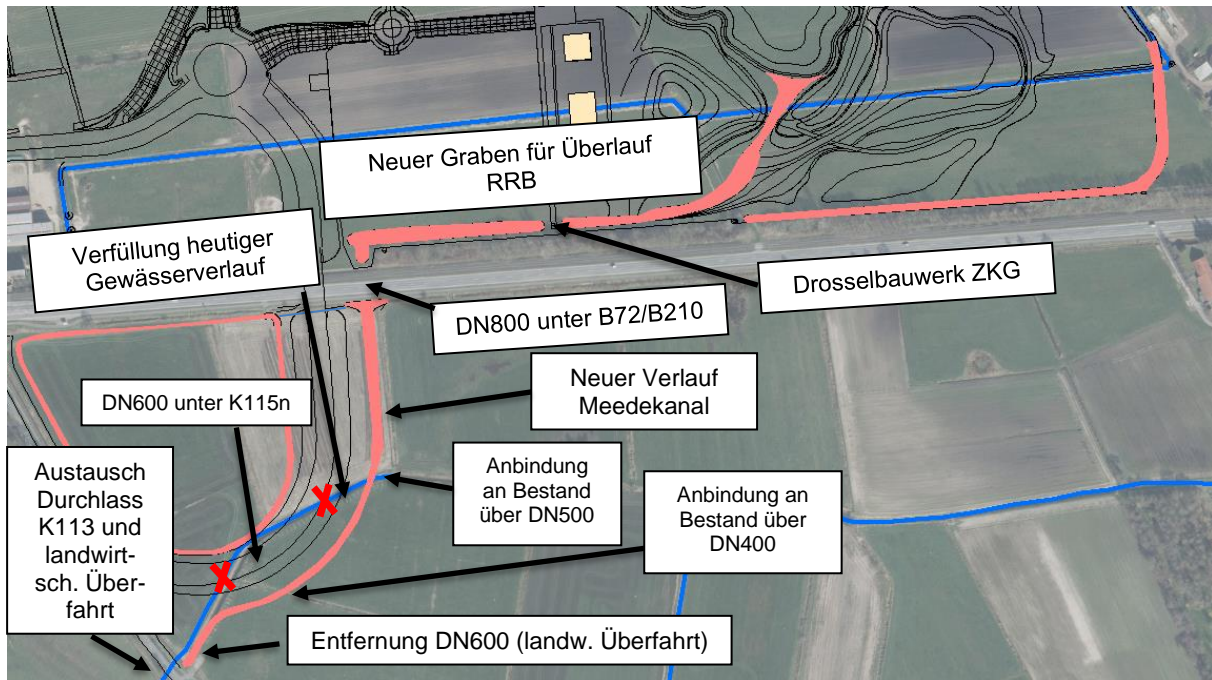


Abbildung 5-9: Maßnahmen am Meedekanal und Überleitung aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters für Planzustand 3 (Luftbild: www.lgn.de ©2017 LGLN)

5.2 Bemessung der Querprofile

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

Unter Berücksichtigung der vorhandenen Geometrien und der in Kapitel 5.1 genannten Randbedingungen wurden für die verschiedenen Planungsvarianten (Planzustand 1 bis 2) die im Folgenden aufgeführten Sohlbreiten und Böschungsneigungen gewählt.

Der Uthwerdumer Vorfluter hat heute im Planungsbereich eine Sohlbreite von ca. 2,5 bis 3 m und eine Böschungsneigung von ca. 1:1,5. Für die Umverlegung wurde im Planzustand 1 der Gewässerquerschnitt kostenoptimiert gewählt. Die Böschungsneigung wurde nur 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. Diese Sohlbreite von 1 m wurde für die Planzustände 1 und 2 genutzt. In der Planungsvariante 1a wurde die Breite der Gewässersohle zur Optimierung des Wasserspiegels bei HQ100 ermittelt und auf 3,2 m verbreitert.

Im Zuge der Freiraumplanung wurde die Planung fortgeschrieben und von den Projektbeteiligten ein Planzustand 3 entwickelt: Im Planzustand 3 weist der neue Gewässerverlauf eine Sohlbreite von 3,5 m und Böschungsneigungen zwischen 1:2,7 und 1:3,5 auf. Aus ökologischen Gründen und als zusätzlicher Retentionsraum wurden möglichst flache Böschungen gewählt. In höher gelegenem Gelände geht die Neigung auf 1:2,7 zurück, was die Breitenausdehnung und den Bodenaushub optimiert. Steilere Böschungen wäre ohne zusätzliche Sicherungsbauwerke aufgrund von sandigen Schichten in diesen Bereichen nicht standsicher genug.

Der Meedekanal hat heute im Planungsbereich eine Sohlbreite von ca. ca. 0,8 bis 1,5 m. Für den Planzustand 1 und 2 wurde analog zum Uthwerdumer Vorfluter der Profilquerschnitt kostenoptimiert mit einer Sohlbreite von 0,5 m gewählt. Aufgrund der geringeren Gewässertiefe wurde eine (entsprechend dem Bestand) Böschungsneigung von 1:1,5 als ausreichend angesehen. Im Planzustand 3 wurde das Profil mit einer Sohlbreite von 1 m und Böschungs-

neigungen von 1:2 bis 1:3 optimiert, um zusätzliche Rückhaltekapazitäten zu schaffen und eine naturschutzfachliche Aufwertung zu erzielen.

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. Daraufhin ist eine Optimierung der Geometrien erfolgt, die sich in der Planvariante 3 widerspiegelt. Diese bildet die Grundlage für das wasserrechtliche Verfahren, für das detaillierte Planungsunterlagen durch das beauftragte Ingenieurbüro erstellt werden.

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

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

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

Planzustand 3

- Umverlegung Uthwerdumer Vorfluter nach Norden: Sohle = 3,5 m, Böschungsneigung 1:3,5 und 1:2,7 (für höher gelegenes Gelände)
- Graben und Umverlegung Meedekanal: Sohle = 1 m, Böschungsneigung 1:2 bis 1:3

Die Leistungsfähigkeit der Planprofile wurde anhand hydraulischer Berechnungen überprüft (siehe Kapitel 6). In den weiteren Planungsschritten wurde eine ggf. erforderliche Sicherung der Böschungen, insbesondere bei steileren Abschnitten geprüft und die Böschungen abgeflacht, um Böschungssicherungen zu vermeiden.

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. Solange die Querschnitte im Vergleich zu den geprüften nicht verringert werden, wird sich auch die ermittelte Leistungsfähigkeit nicht reduzieren.

Die Anlagen 3 und 4 zeigen eine Übersicht der Planungsprofile für die Planzustände 1 bis 2, Anlage 18 für Planzustand 3.

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-Rechnernetz 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.

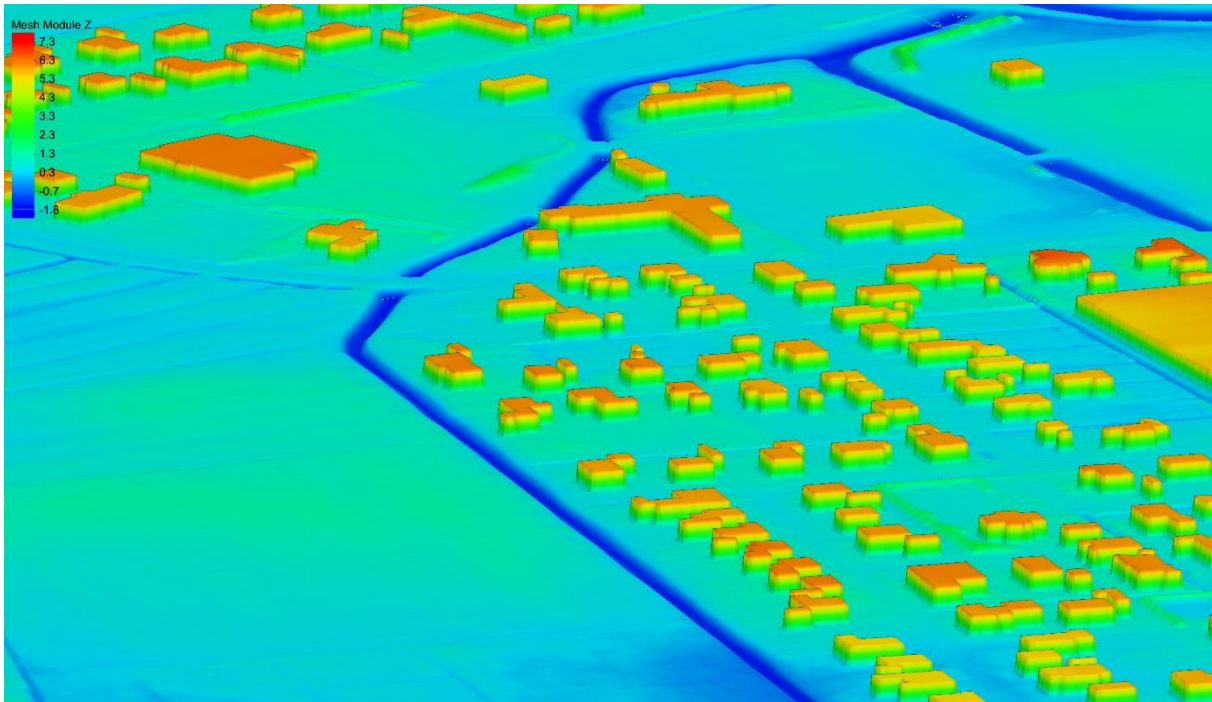


Abbildung 6-1: Abbildung von Gebäude im Berechnungsnetz im Bereich vor der Mündung des Uthwerdumer Vorfluters vor der Mündung in den Abelitz-Moordorf-Kanal (3D-Schrängansicht mit Blick von Osten Richtung Westen)

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.

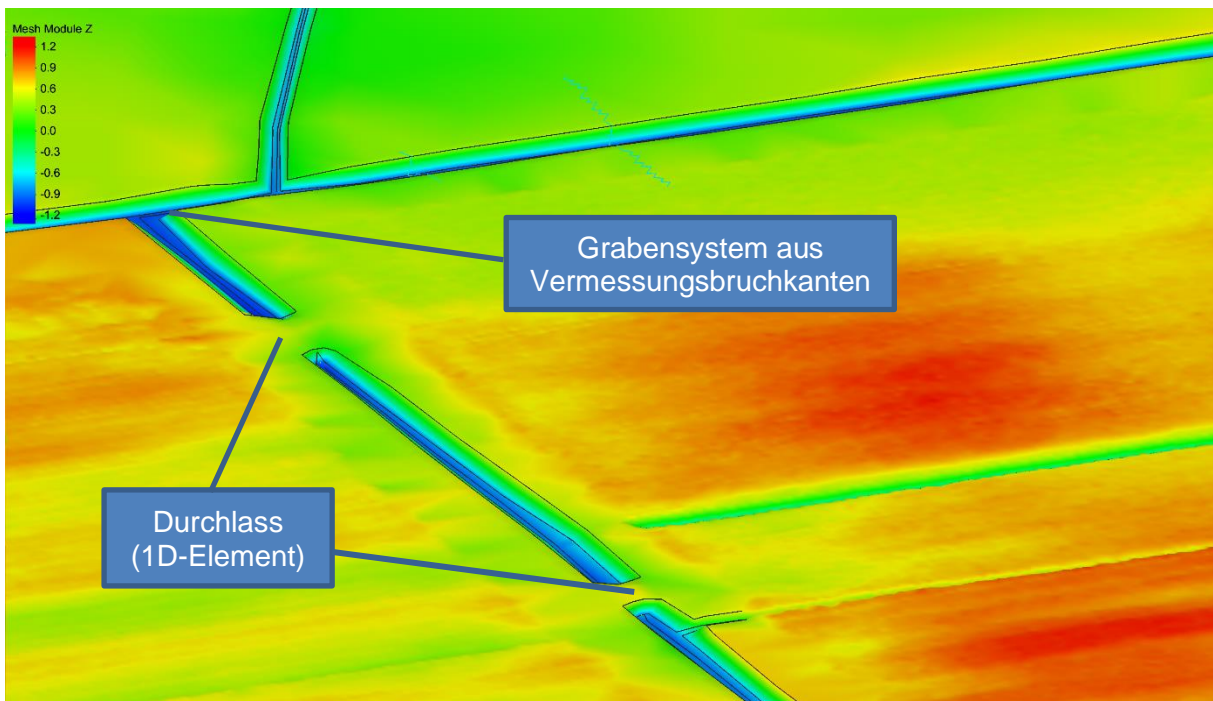


Abbildung 6-2: Berücksichtigung der vermessenen Gräben und Bauwerke (hier Uthwerdumer Vorfluter) im Berechnungsnetz in der 3D-Schrängansicht

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).

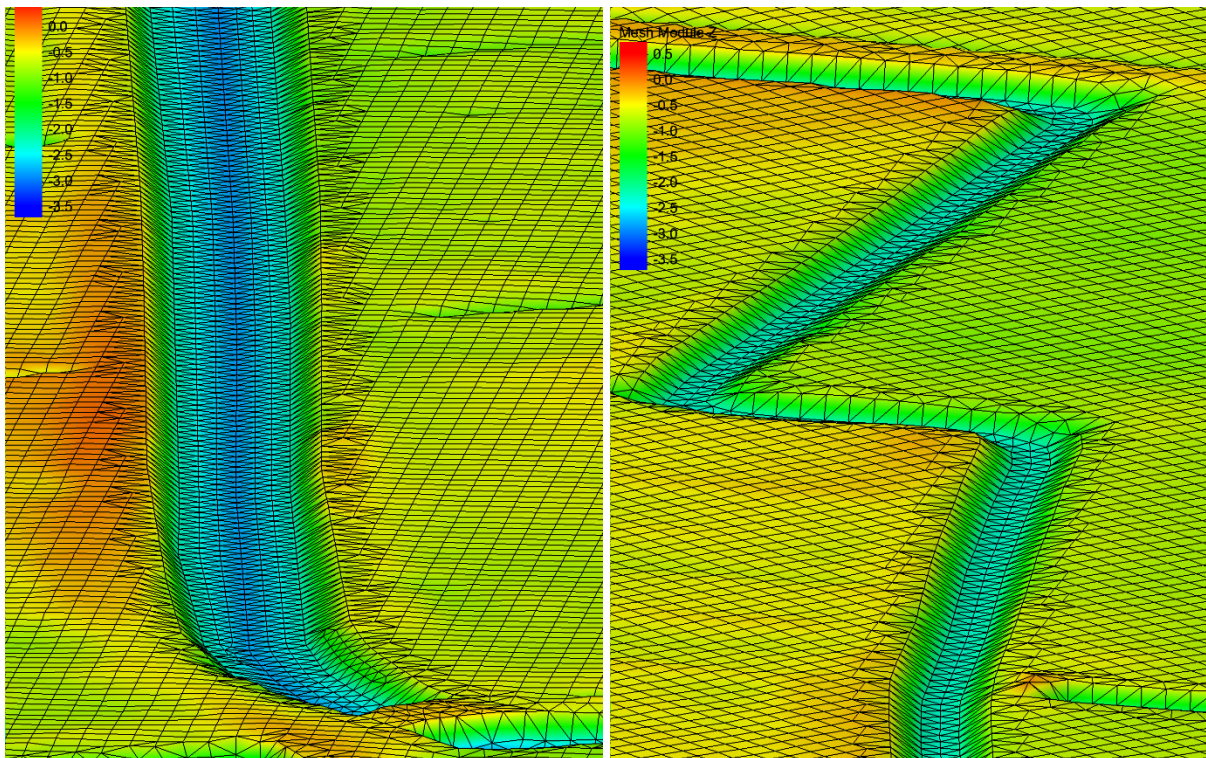


Abbildung 6-3: Berücksichtigung des nicht vermessenen Bereichs des Meedekanals anhand von Bruchkanten im Berechnungsnetz in der 3D-Schrägsicht (links: Unterlauf, rechts: Oberlauf)

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 DN1200 unter der B72/B210
 - 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 3 (siehe Abbildung 6-5)
 - 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 DN800 unter der B72/B210
 - Berücksichtigung der Geländeplanung ZKG / K 115n und Abbildung des RRB ZKG und der Gewässerplanung nach vorliegendem 3D-Modell von IST (inkl. Planungen WES und K 115n von IBG) und Planunterlagen IST zum wasserrechtlichen Verfahren (Vorabzug).
 - Berücksichtigung einer Geländeanhebung (ca. 15 cm Oberbodenauftrag) östlich vom Plangebiet (geringere Überflutung Ackerfläche).
 - Übernahme der Zuflüsse entsprechend Kapitel 4.1.1.2
- Meedekanal: Planzustand 2a, 2b und 3
 - Berücksichtigung der Gewässerplanung für den Meedekanal (siehe Kapitel 5.1.3)
 - Berücksichtigung des Durchlasses unter der B72/B210 (2a: DN1200 bzw. 2b: DN700 bzw. 3: DN800)
 - Berücksichtigung des Durchlasses unter der Kreisstraße K113 (2a: DN1200 bzw. 2b und 3: DN700)
 - Übernahme der Zuflüsse entsprechend Kapitel 4.1.2.2

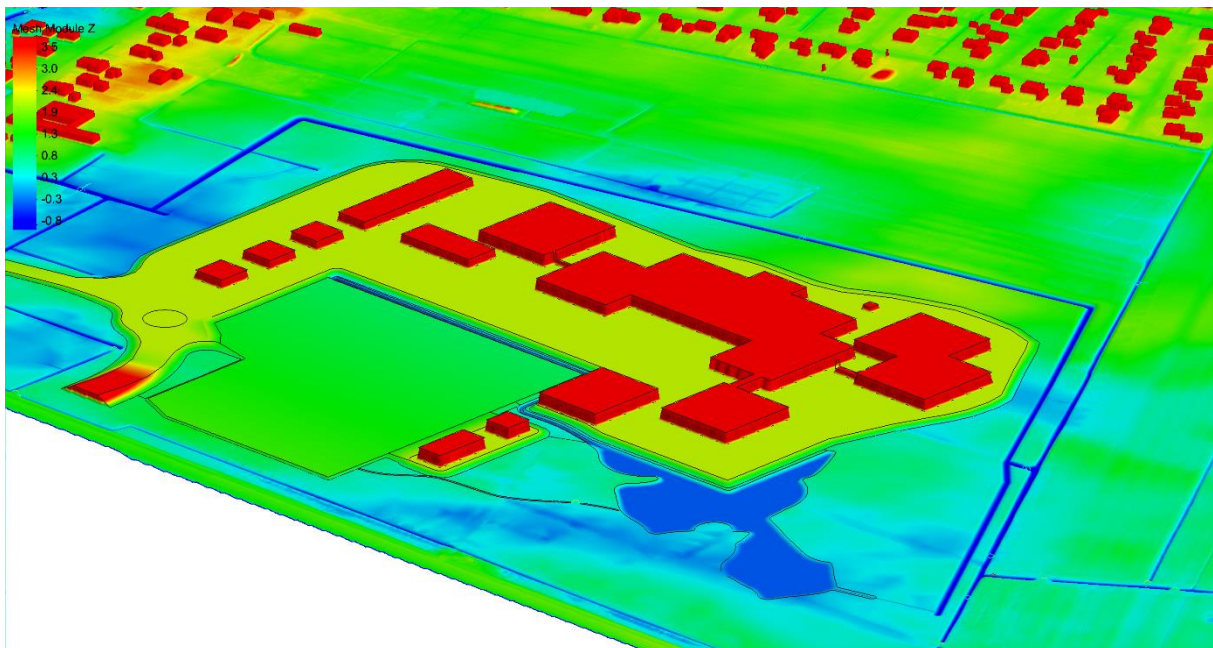


Abbildung 6-4: Darstellung des Planzustands 1 des Modells Uthwerdumer Vorfluter in der 3D-Schrägansicht (Stand: Vorentwurf März 2021)

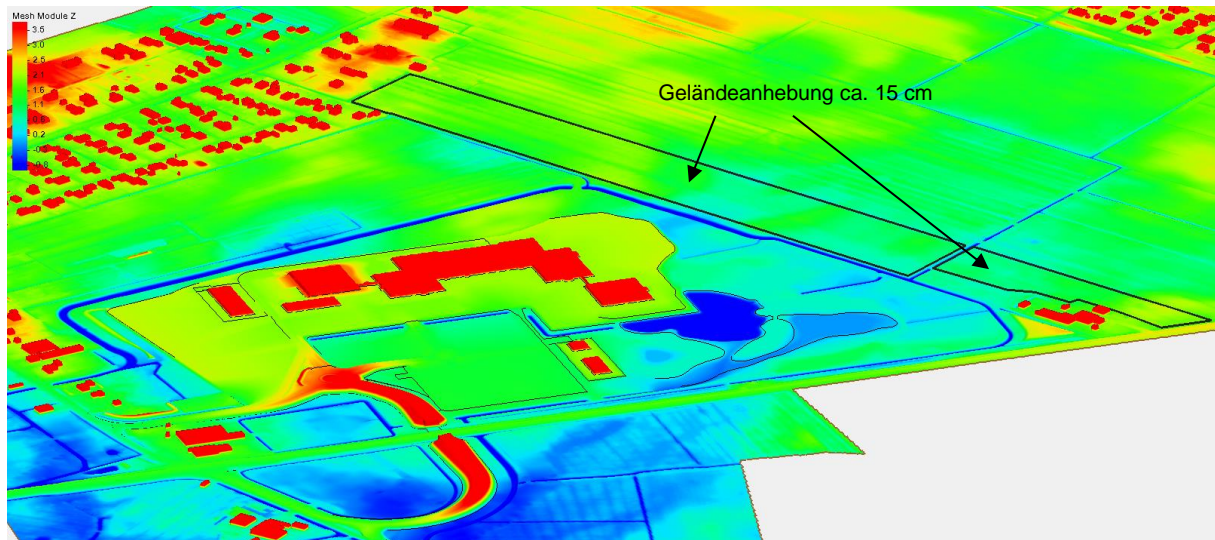


Abbildung 6-5: Darstellung des Planzustands 3 des Modells Uthwerdumer Vorfluter in der 3D-Schrägansicht (Stand: Entwurf Juli 2022)

Da die in Abbildung 6-5 geplante und im Modell zum Planzustand 3 berücksichtigte - bautechnisch sinnvolle - Geländeanhebung mit dem anfallenden, überschüssigen Oberboden vom ZKG-Gelände auf Flächen erfolgen soll, die bei einem Starkregenereignis von Überflutungen betroffen sind, muss das durch die Anhebung verlorene Retentionsvolumen auf den benachbarten Flächen ausgeglichen werden, um eine negative Auswirkung der Maßnahme auf benachbarte Grundstücke zu vermeiden.

Anhand des Berechnungsergebnisses der Starkregensimulation für ein 100-jährliches Ereignis im Istzustand ($42,6 \text{ l/m}^2$, Dauerstufe 1 h, Kapitel 4.2 und Kapitel 8.1.1) wurden das auszugleichende Retentionsvolumen für die beiden Flächen östlich des Baugebiets ermittelt.

Das auf diese Weise ermittelten Retentionsvolumen beträgt insgesamt 3.880 m^3 (Abbildung 6-6).



Abbildung 6-6: Erforderlicher Retentionsvolumenausgleich für zwei Flächen Tn100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

Das erforderliche Volumen soll im weiteren Planungsverlauf voraussichtlich auf den östlich benachbarten Grundstücken im Rahmen von naturschutzfachlichen Ausgleichsmaßnahmen realisiert werden, ggf. auch in Verbindung mit zusätzlichem Abtrag im Bereich des ZKG-Außengeländes. Zum Zeitpunkt der vorliegenden Untersuchung lag für diese Maßnahmen noch keine Planung vor. In der Simulation der verschiedenen Ereignisse zeigt sich, dass ein solcher Volumenausgleich erforderlich sein wird, wenn auf den Flächen ein Bodenauftrag erfolgen soll. Der hydraulische Nachweis der Hochwasserunschädlichkeit wäre daher im weiteren Verlauf der Planung bei einem Bodenauftrag für diesen Bereich noch zu führen.

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**

Zum Zeitpunkt der hydraulischen Untersuchungen 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 Bedekaspeler 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 mNN bis -0,4 mNN aus.

In den 2D-Modellen für Ist- und Planzustand wurde der Startwasserstand für die Berechnung im Abelitz-Moordorf-Kanal daher mit -0,63 mNN (ca. 50 cm Freibord zum angrenzenden Gelände) festgelegt.

Im Zusammenhang mit Untersuchungen zur Einleitung geklärter Klinikabwässer der geplanten Kläranlage des ZKG in den Abelitz-Moordorf-Kanal wurden im April/Mai 2021 vom OOWV mehrere Pegel am Abelitz-Moordorf-Kanal als Grundlage u. a. für Mischungsberechnungen eingerichtet. Für die Untersuchung wurden u.a. Wasserstandsmessungen im Abelitz-Moordorf-Kanal im Bereich des geplanten Kläranlageneinlaufs an der Brückstraße durchgeführt. Der Messpunkt liegt somit ca. 750 m oberhalb der Mündung des Uthwerdumer Vorfluters in den Abelitz-Moordorf-Kanal. Im Januar 2023 wurde vom Büro Matheja Consult eine aktuelle Auswertung des Pegels zur Verfügung gestellt.

Die folgende Abbildung zeigt die gemessenen Wasserstände als Dauerganglinie. Ergänzend wurden Einzelereignisse und zur Orientierung die Winter- (-1,47 mNN) und Sommerstände (-1,27 mNN) gekennzeichnet, die als Zielwasserstände (Binnenpeile) für das Hauptvorflutsystem ausgehend vom weiter unterhalb gelegenen Binnenpegel „Bedekaspeler Marsch“ festgelegt sind.

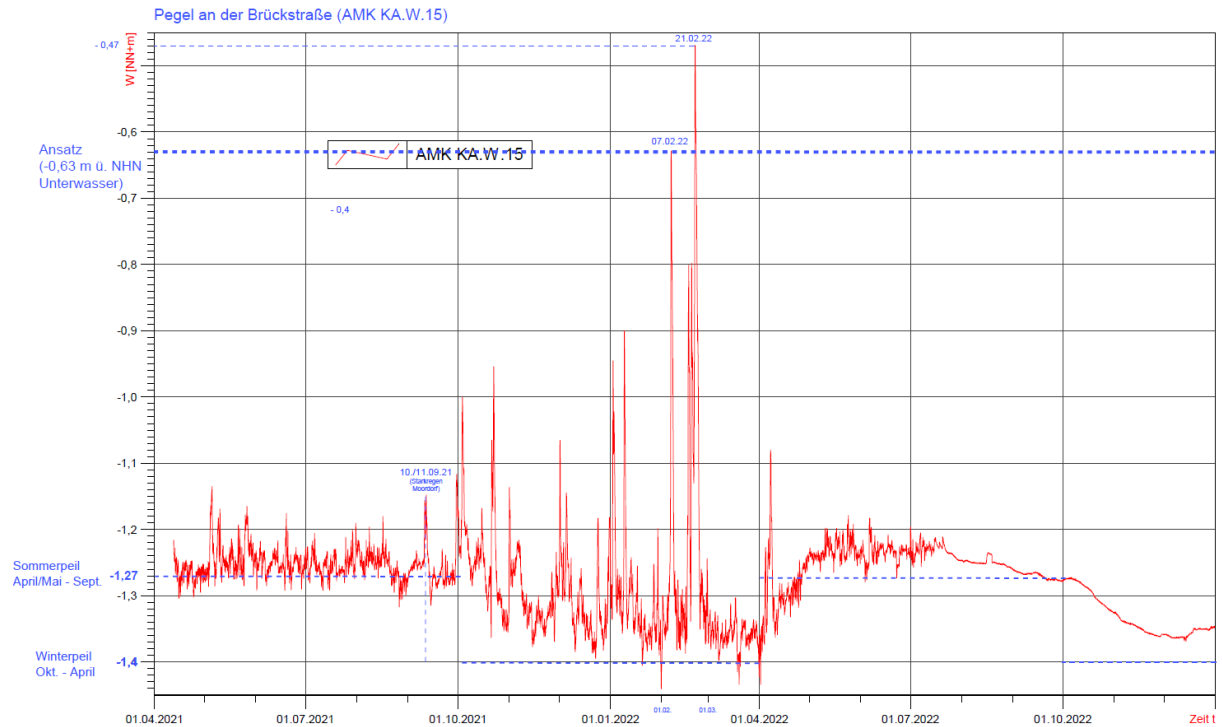


Abbildung 6-7: Dauerganglinie der Wasserstände am Pegel „AMK KA“ vom 12.04.21 bis 31.12.2022 (MathejaConsult, Wettmar, Januar 2023) mit ergänzenden Eintragungen (blau, eigene Darstellung)

Die Abbildung zeigt zwei seltene Ereignisse im Februar 2022, in denen der Wasserstand gleich bzw. höher als $-0,63$ mNN liegt (7.2.2022 und 21.2.2022). Für das Starkregenereignis am 10/11.9.2021 (siehe Kapitel 4.2) wurde lediglich ein Wasserstand von $-1,15$ mNN gemessen.

Im Februar 2022 liegt den Ereignissen eine ungewöhnliche Abfolge von Sturmfluten und langanhaltendem Regen zu Grunde. So ereigneten sich vom 30. Januar bis 7. Februar 2022 sechs Sturmfluten, darunter zwei schwere. Am 18./19. folgte von Orkan „Zeynep“ mit sieben Sturmfluten die längste Sturmflutkette seit 1990. In der Folge der Sturmfluten waren die Sielvorgänge erschwert, der Winddruck auf die Gewässer zeichnet sich im Kanal an diesen Tagen mit den Ausschlägen bis $-0,8$ mNN ab. In Verbindung mit den Regenfällen wurde am 21.02.22 ein außergewöhnlicher hoher Wasserstand im Abelitz-Moordorf-Kanal erreicht, der im Uthwerdumer Vorfluter zu einem Rückstau und „bordvollem“ Wasserstand führte.

Hingegen zeichnet sich ein räumlich begrenztes Starkregenereignis wie im September 2021 in Moordorf nicht im Abelitz-Moordorf-Kanal ab. Es treten lokal erhebliche Überschwemmungen auf, die erst verzögert über verschiedene Vorfluter den Hauptgewässern zugetragen werden.

Bei einem angenommenen Gefälle von $0,25$ ‰ (siehe Kapitel 5.1.1) würde der Wasserspiegel an der Mündung des Uthwerdumer Vorfluters ca. 19 cm unter den gemessenen Werten liegen ($750 \text{ m} \cdot 0,00025 = 18,75 \text{ cm}$). Die angesetzten $-0,63$ mNN passen somit gut zu den gemessenen, außergewöhnlichen Werten ($-0,47 - 0,19 = -0,66$ mNN). Da sich der Unterwasserstand auf alle betrachteten Varianten in gleicher Weise auswirkt, ist die Genauigkeit der Ermittlung der Randbedingung in dieser Form ausreichend.

7 Modellergebnisse HQ100 Gewässer

7.1.1 Istzustand

Der Istzustand beschreibt die heutige Entwässerungssituation der Gewässer im betrachteten Einzugsgebiet und dient als Referenzzustand für die Bewertung der Entwässerungssituation der Planzustände. Die Ermittlung der jeweiligen Bemessungsabflüsse ergibt sich aus Kapitel 4.1. Das zu Grunde liegende hydraulische Modell ist in Kapitel 6.2 erläutert.

7.1.1.1 Uthwerdumer Vorfluter

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung HQ100 zeigen, dass es im Ober- und Unterlauf der Gewässer im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters 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).

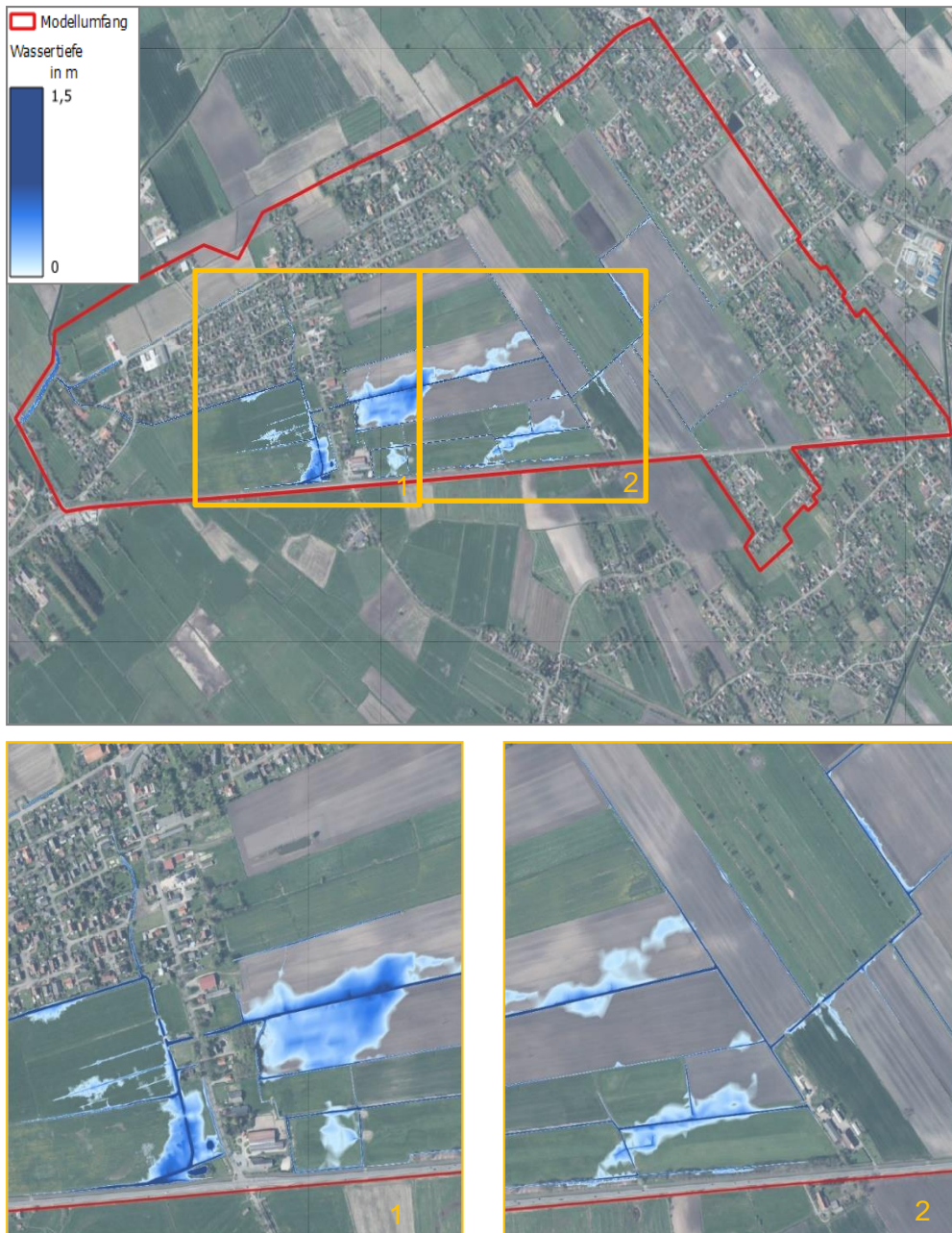



Abbildung 7-1: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Istzustand – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 )

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 Meedekansals 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.

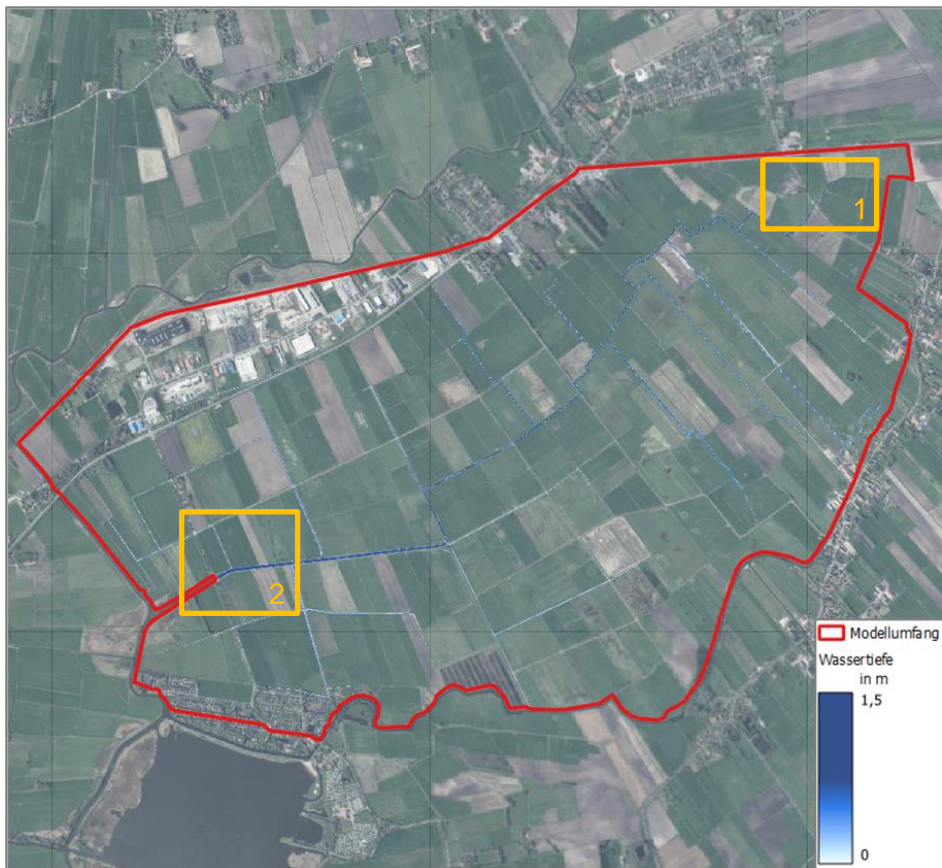



Abbildung 7-2: Wassertiefen Meedekanal Bestand – Hydraulische Berechnung HQ100
(Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)

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.

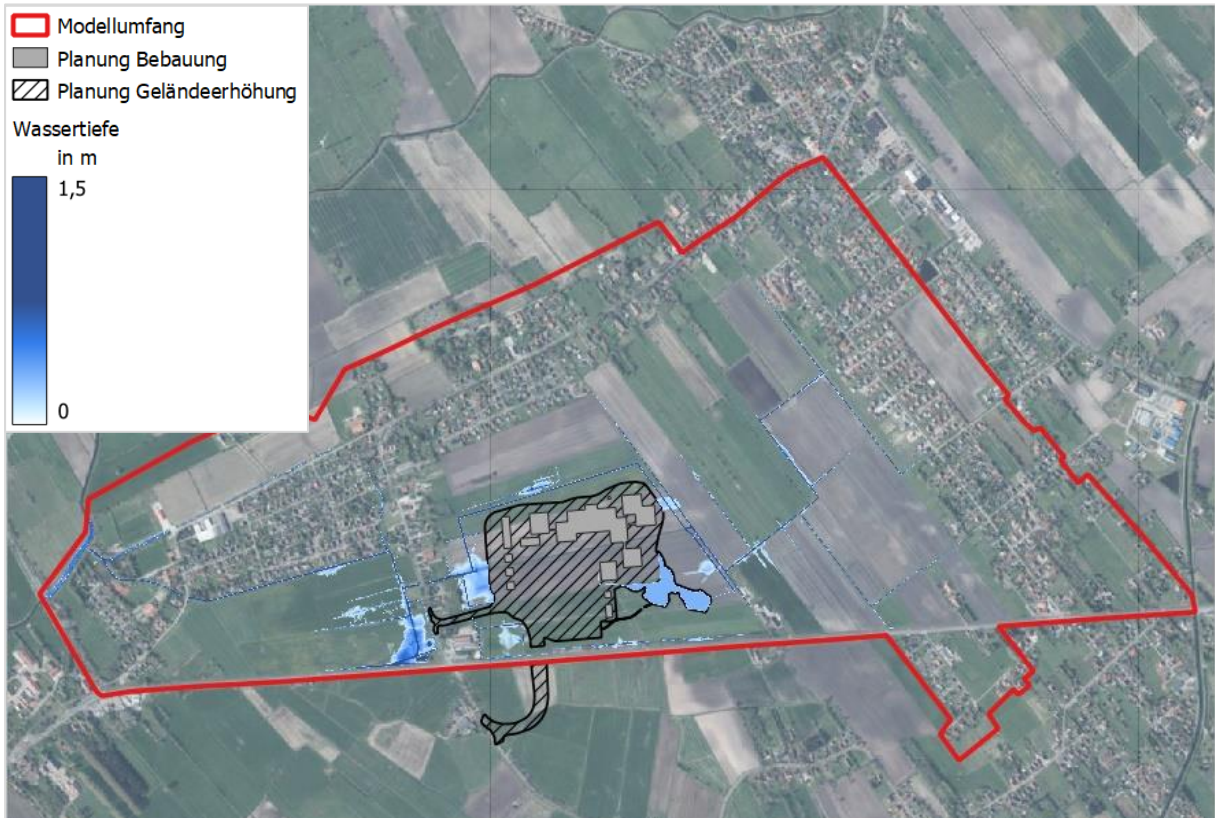


Abbildung 7-3: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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.

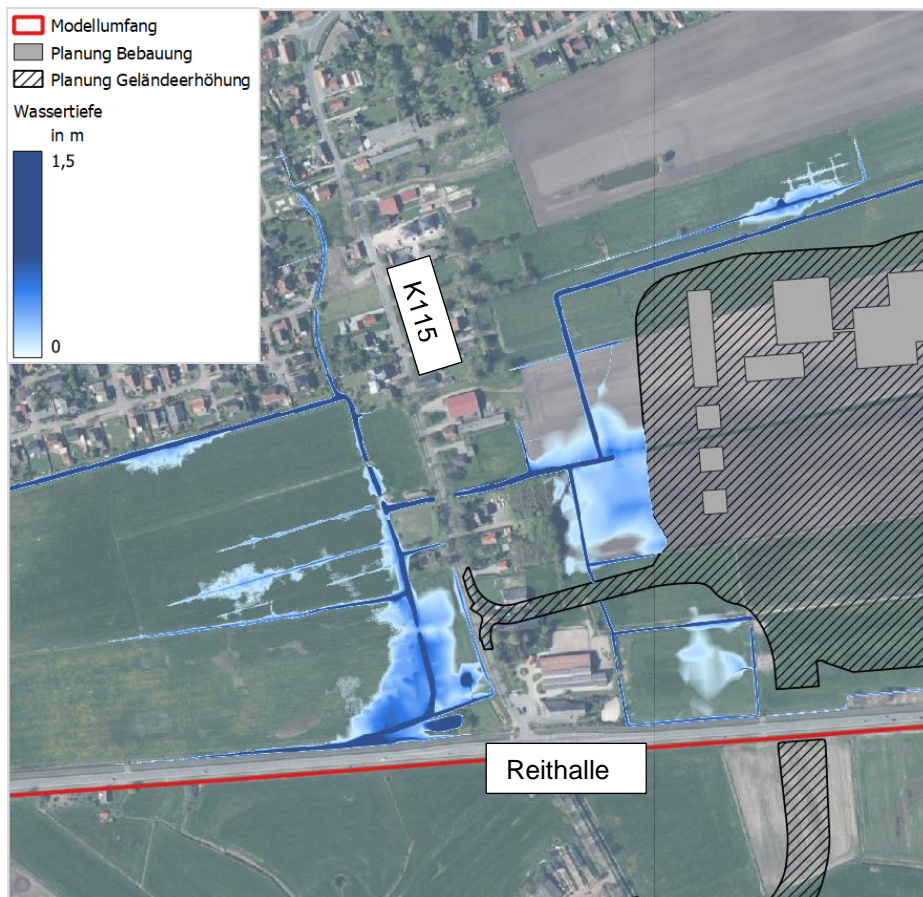


Abbildung 7-4: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 – Bereich K115 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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 1 und 2 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 retentiert. Im Planzustand 1 muss das gleiche Abflussvolumen trotz fehlender Entwässerungsgräben und Überflutungsflächen (im Bereich der Warft) retentiert 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.

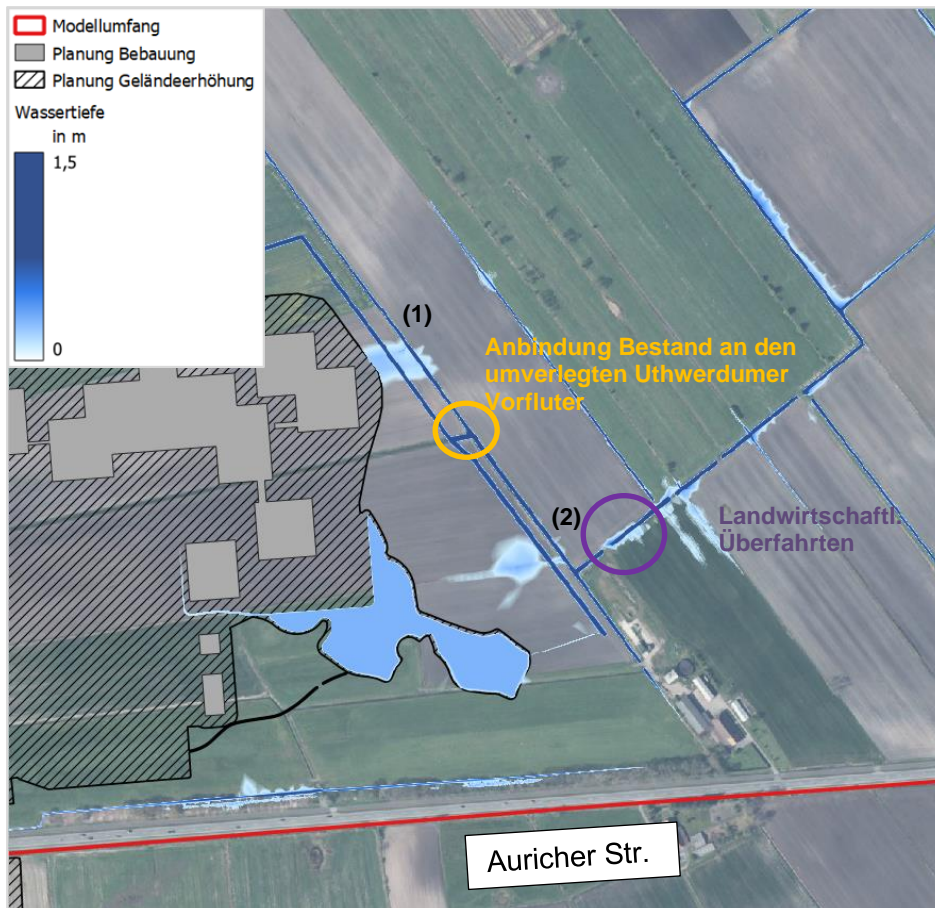


Abbildung 7-5: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1 – Hydraulische Berechnung HQ100 – oberhalb ZKG-Gelände (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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, s. Anlage 4) 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).

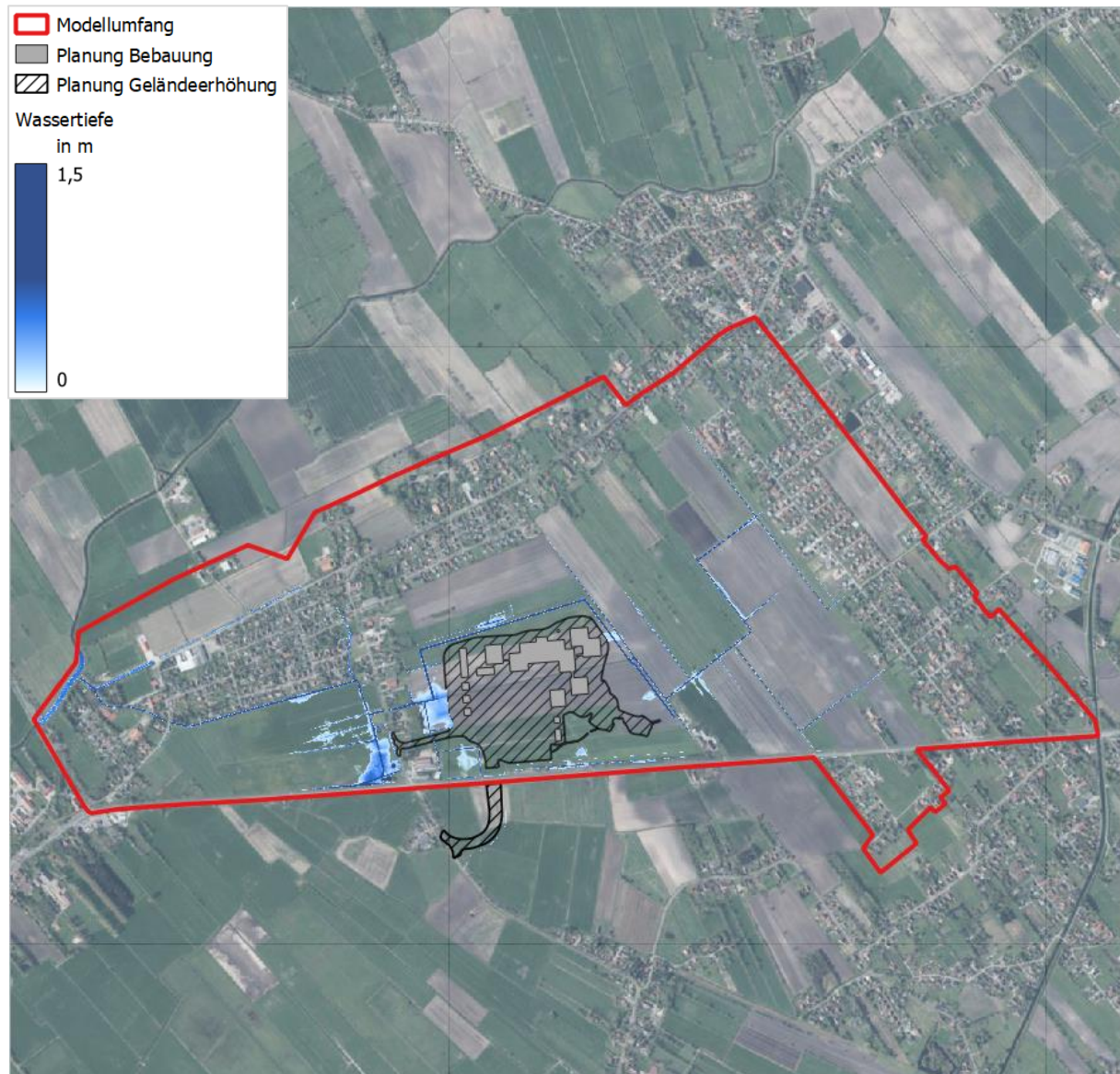


Abbildung 7-6: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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).

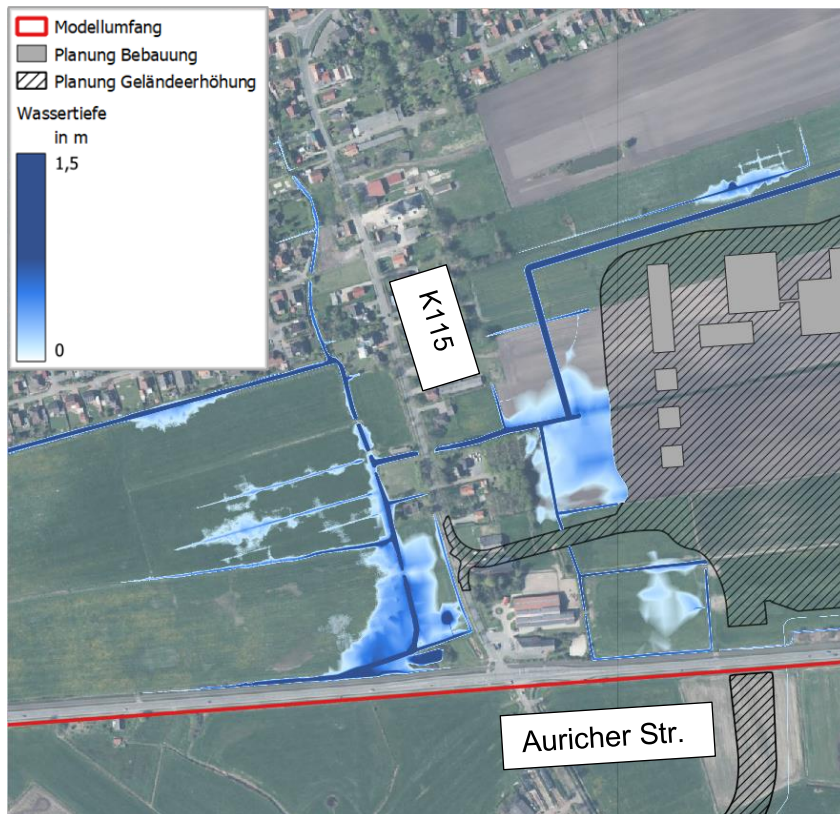



Abbildung 7-7: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 – Bereich K115 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)

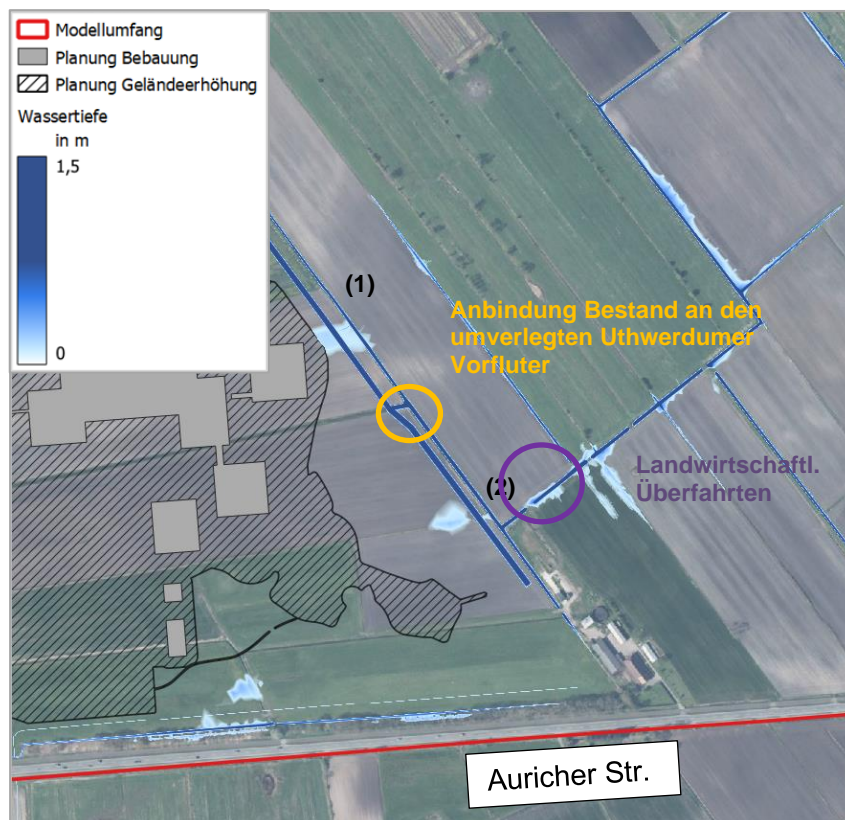



Abbildung 7-8: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 1a – Hydraulische Berechnung HQ100 – oberhalb ZKG-Gelände (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)

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 erstellenden 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 sowie weiterer Flächen der EAE, 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.

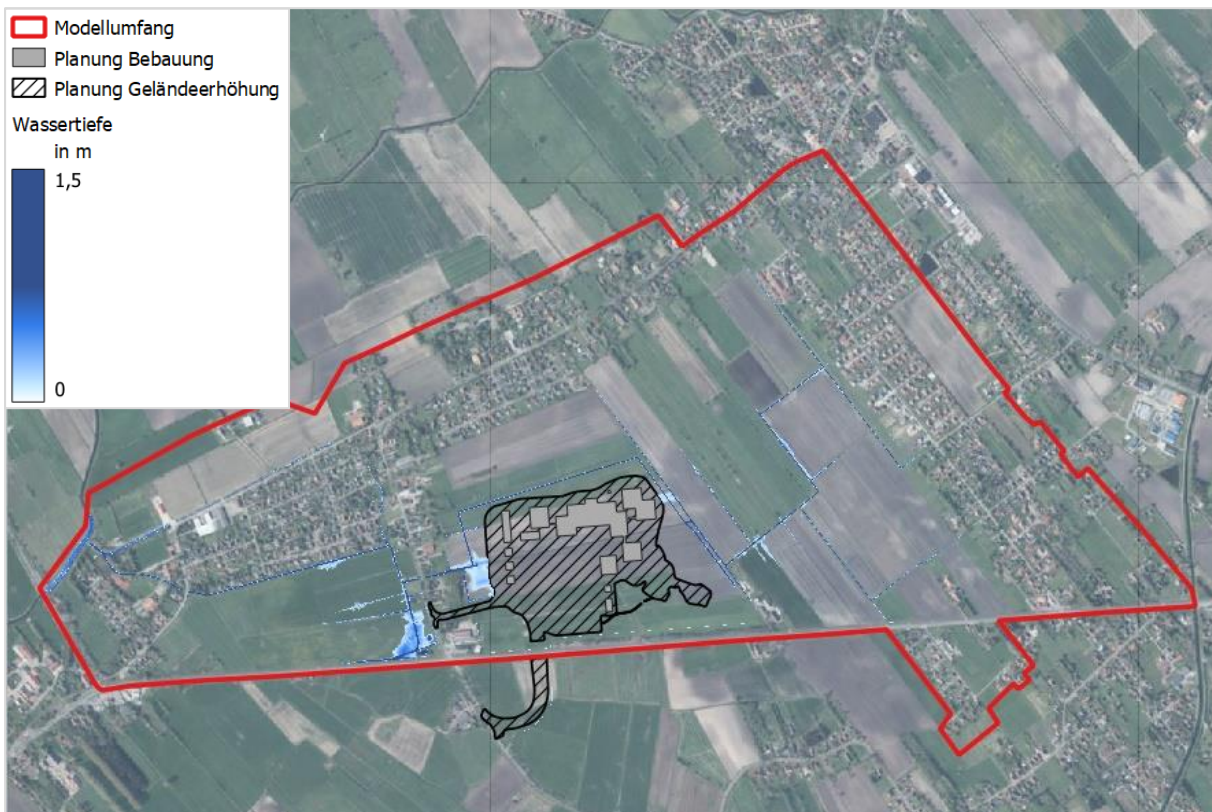


Abbildung 7-9: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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 bei einem HQ100 um max. 12 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.

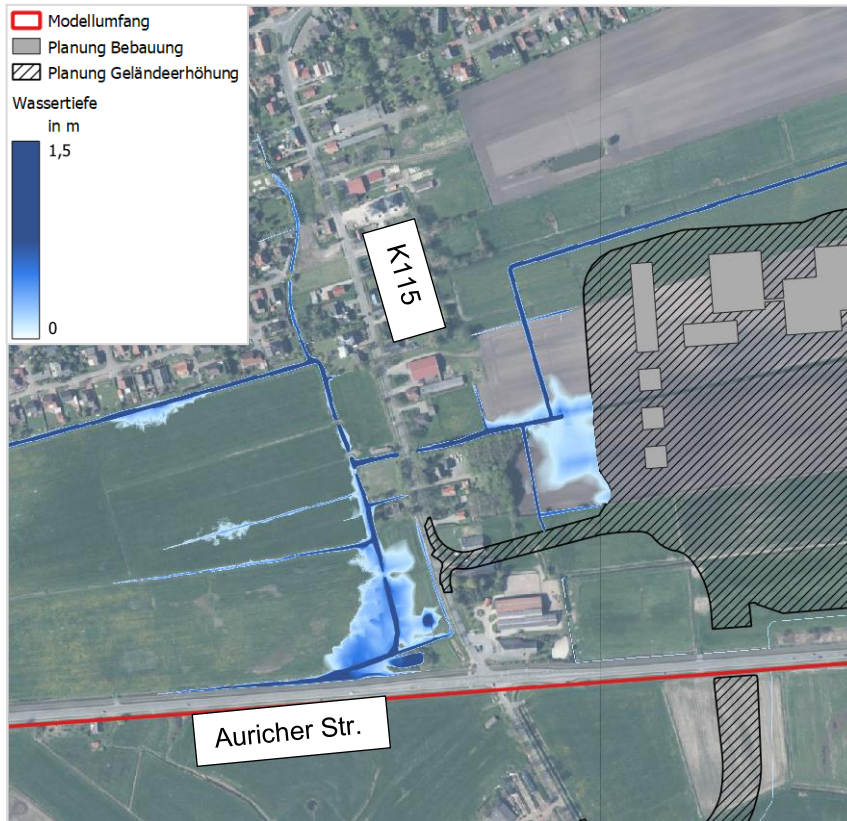


Abbildung 7-10: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 – Bereich K115 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

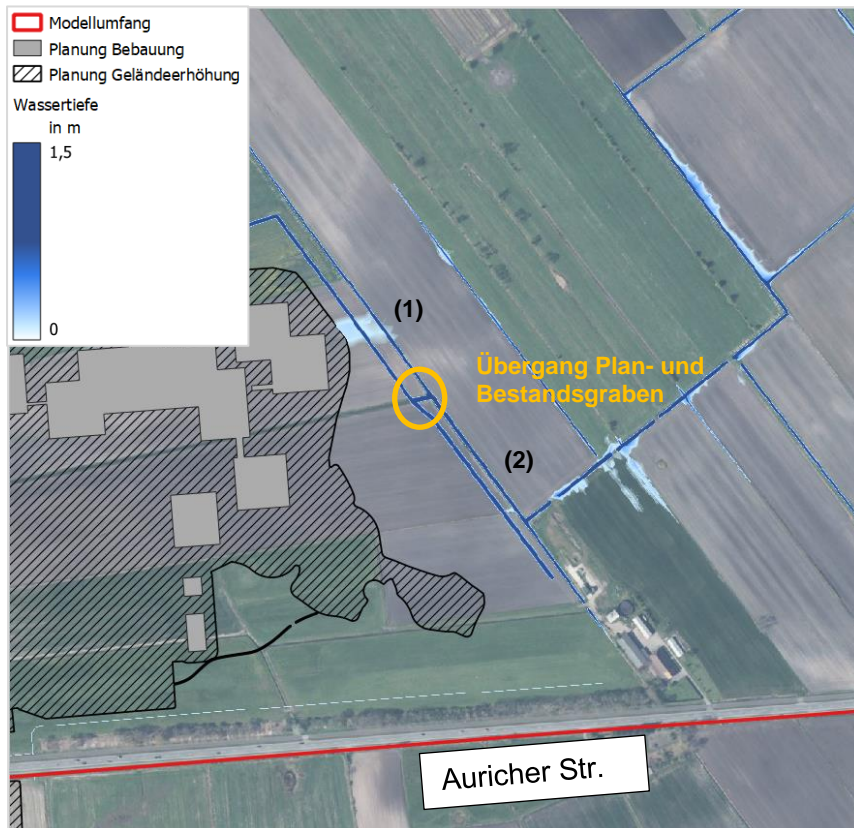


Abbildung 7-11: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 – oberhalb ZKG-Gelände (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

Die Ergebnisse der Planzustände 1 und 2 und des Bestands sind zum Vergleich im Längsschnitt in Anlage 1 und in den Profilen in Anlage 3 abgebildet.

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 Zufluss von 1.268 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 Meedekanal. Der Wasserspiegel liegt bis 1 km vor dem Pumpwerk aber 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.

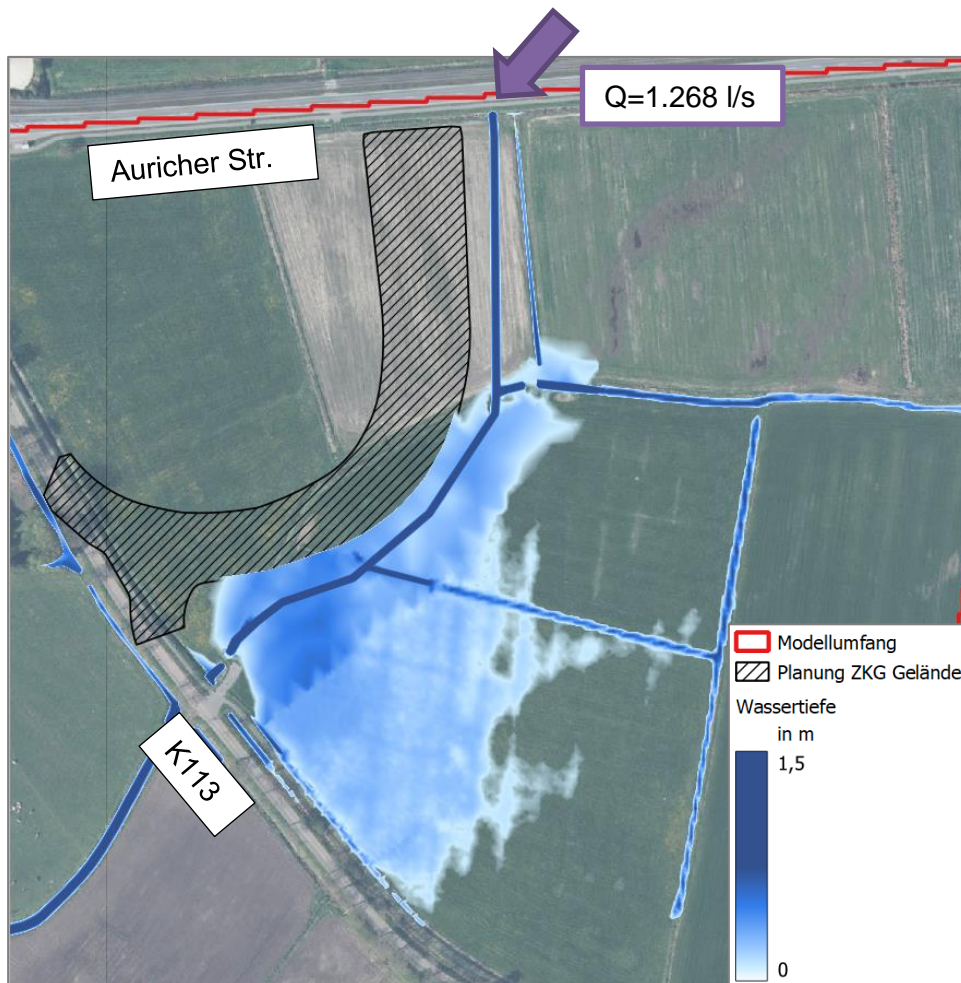


Abbildung 7-12: Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2 – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

Die Ergebnisse des Planzustandes 2 zeigen, dass für die Überleitung des Notüberlaufs aus dem RRB weitere Maßnahmen im Meedekanal erforderlich sind, daher wurden zwei 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 Notüberlauf 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 des 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 Anlage 3 ein beispielhaftes Profil.

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

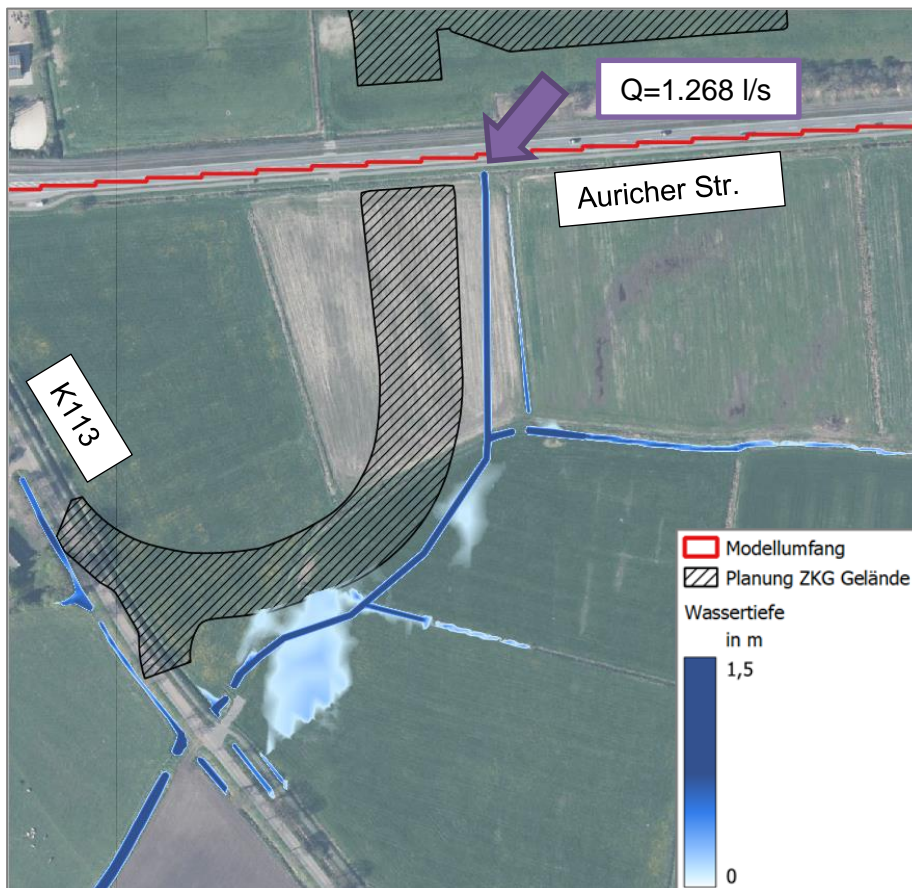


Abbildung 7-13: Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2a – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

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 Zufluss aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters durch Drosselung des Notüberlaufs aus dem RRB ZKG auf 552 l/s auf 587 l/s reduziert (siehe Kapitel 3.2). Der Durchlass unter der K113 bleibt mit DN700 bestehen, der Durchlass der landwirtschaftlichen Überfahrt 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 des RRB-Notüberlaufs Richtung Meedekanal durch einen 2. Überlauf in den Uthwerdumer Vorfluter
2. Zwischenspeicherung auf dem Gelände ZKG (und somit im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters) z.B. in dem geplanten Entwässerungsgraben parallel zur B72/B210 und/oder durch Geländemodellierung (Flutmulden)

Im Verlauf der weiteren Planungen des ZKG-Geländes und der Geländeentwässerung wurden diese Varianten weiter ausgeplant und der Planzustand 3 entwickelt. Eine Belastung des Uthwerdumer Vorfluters soll demnach vermieden und stattdessen zusätzliches Rückhaltevolumen in den Außenanlagen des ZKG geschaffen werden.

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 587 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 Überfahrt – 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 Anlage 3 ein beispielhaftes Profil.

Die Dauer des Wasserspiegelanstiegs in Planzustand 2b gegenüber dem Istzustand liegt für diese Variante durch die Drosselung der RRB-Notüberlauf bei ca. 6,5 h und somit über der Dauer des Planzustandes 2a (ca. 3 h mit deutlich höherem Wasserspiegel).

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 (geringer als bei Variante 2a) halten.

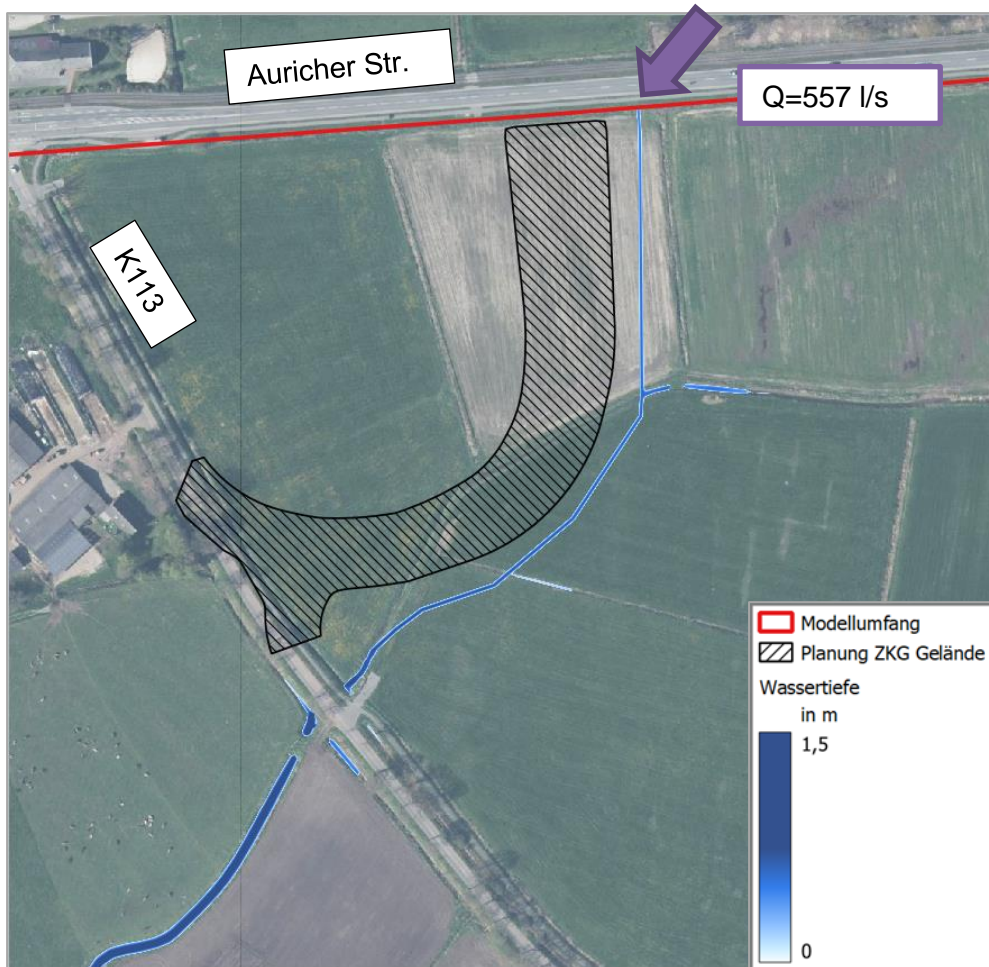


Abbildung 7-14: Wassertiefen Meedekanal Planzustand 2b – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

7.1.7 Planzustand 3

Im Planzustand 3 ist, wie im Planzustand 2 eine Überleitung von Teilabflüssen aus dem Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters zum Meedekanal vorgesehen. Der Notüberlauf des geplanten RRB wird ebenfalls über einen neu zu erstellenden Graben parallel zur B72/B210 zum Bereich der neu zu erstellenden Brücke geführt, staut vor einem Drosselbauwerk in den Ableitgraben und eine vorgelagerte Flutmulde zurück und wird nur gedrosselt Richtung Meedekanal geleitet. Zu dem Abfluss aus dem Überlauf des RRB kommt der Teilabfluss des anliegenden Reiterhofs sowie von Teilflächen der nördlichen Straßenflächen und der Brücke der K 115n hinzu. Die Entwässerung des benachbarten Grundstücks der EAE wird durch Anpassung des Entwässerungsgrenzgrabens dem Uthwerdumer Vorfluter zugeführt (siehe Kapitel 3.3), wie grundsätzlich schon heute.

7.1.7.1 Uthwerdumer Vorfluter

Im Planzustand 3 wird der Abfluss bei einem HQ100 innerhalb des Einzugsgebiets des Uthwerdumer Vorfluters im Bereich des ZKG überflutungsfrei abgeführt (siehe Abbildung 7-15). Die Baumaßnahme beeinflusst den gesamten Oberlauf des Uthwerdumer Vorfluters. Es kommt unmittelbar oberhalb des ZKG-Geländes zu einer Wasserspiegelabsenkung von ca. 20 cm bei einem HQ 100. Im östlichsten Bereich des Uthwerdumer Vorfluters unmittelbar vor dem Siedlungsbereich beträgt die Absenkung der Wasserspiegellage noch ca. 10 cm.

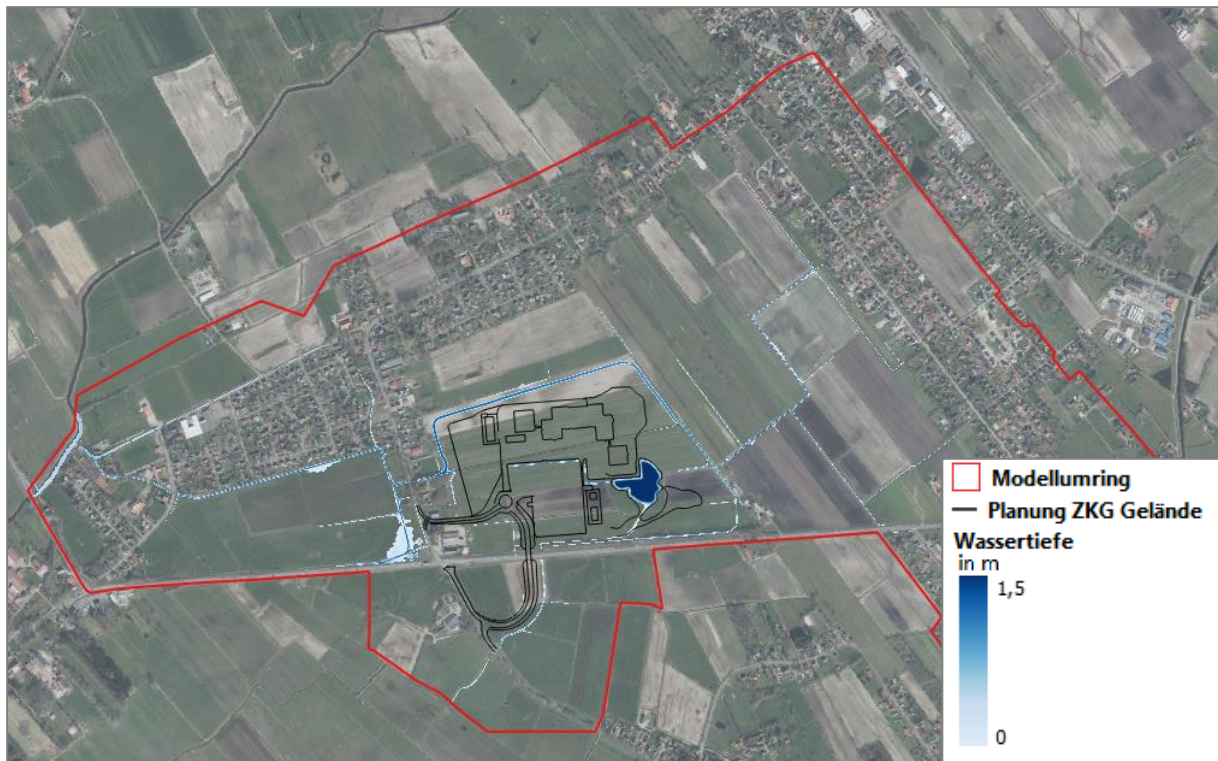



Abbildung 7-15: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 3 – Hydraulische Berechnung HQ100 (Luftbild: www.lgln.de ©2017  LGLN)

Im Unterlauf des ZKG-Geländes im Bereich der K115/Auricher Straße kommt es weiterhin zu Ausuferungen. Die Wasserspiegellage reduziert sich dort aber um ca. 25 cm (siehe Abbildung 7-16).

Durch die zusätzliche Rückhaltung des Notüberlaufs aus dem RRB in den Flutmulden (siehe 3.3) fließen südlich des ZKG-Geländes deutlich weniger Wasser gegenüber Planzustand 2, maximal 130 l/s, durch den Durchlass unter der Auricher Straße ins Einzugsgebiet des Mee-dekanals.

Die Hochwassergefahr bei einem HQ100 aus dem Uthwerdumer Vorfluter wird durch die Maßnahmen im Planzustand 3, insbesondere durch die Profilaufweitung des Uthwerdumer Vorfluters am Klinikgelände, zusätzliche Rückhalteräume auf dem Klinikgelände und die gedrosselte Ableitung des RRB-Notüberlaufs vom Klinikgelände ausschließlich nach Süden, erheblich verbessert. Der Mittel- und Niedrigwasserstand des Uthwerdumer Vorfluters wird durch die Maßnahmen nicht verändert, da diese maßgeblich durch die hohen Grundwasserstände und die gesteuerte Entwässerung beeinflusst sind.

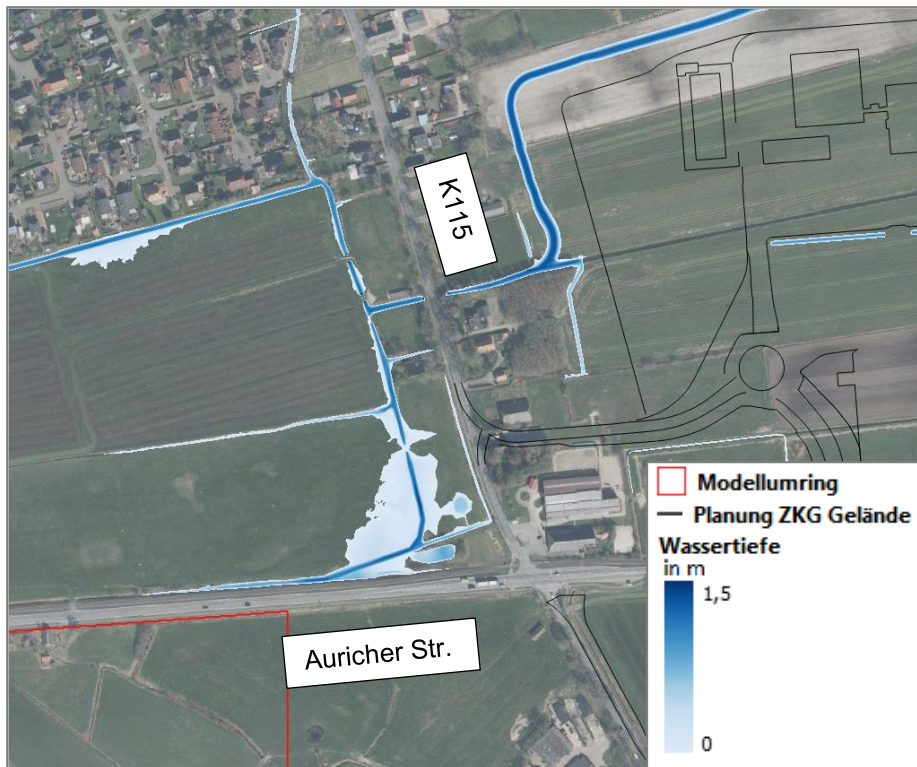


Abbildung 7-16: Wassertiefen Uthwerdumer Vorfluter Planzustand 3 – Hydraulische Berechnung HQ100 – Bereich K115 (Luftbild: www.lgln.de ©2017 LGLN)

7.1.7.2 Meedekanal

Für das Modell des Meedekanal wurde keine hydraulische Berechnung durchgeführt. Im Planzustand 2b wurde von einer Überleitung von 587 l/s aus dem Uthwerdumer Vorfluter in Richtung des Meedekanal ausgegangen. Im Planzustand 3 werden maximal 130 l/s aus dem Uthwerdumer Vorfluter in Richtung des Meedekanal weitergeleitet. Aus diesem Grund findet keine Verschlechterung im Vergleich zum Planzustand 2b statt. Eine erneute Modelanwendung war verzichtbar.

8 Starkregensimulation Fläche

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 und der K 115n geplanten Geländeänderungen auf den Abfluss von Starkregenereignissen zu untersuchen, wurde das hydraulische 2D-Modell des Einzugsgebietes des Uthwerdumer Vorfluters mit dem ermittelten hundertjährigen Starkregenereignis (siehe Kapitel 4.2) 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 auftreten würde, 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 100-jährliche Niederschlagsereignis nach KOSTRA-DWD 2010R mit einer Dauerstufe von 1 h ohne Abminderung herangezogen. Das Ereignis wird mit einer Höhe von 42,6 mm (42,6 l/m²) bzw. einer Belastungsspende von 118,3 l/(s*ha) angegeben (siehe Kapitel 4.2).

Die Ergebnisse der Starkregensimulation 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.

Mit dem Bestands- und dem Planungsmodell wurden zwei weitere hydraulische, noch seltenere Starkregensimulationen (Extremereignis) für den Planungsbereich durchgeführt (s. Kapitel 4.2):

- 100 l/m² in 2 Stunden
- 200 l/m² in 24 Stunden

Die Simulation aller Regenereignisse erfolgt unter der Annahme, dass aufgrund von Vorregen und Bodenfeuchte keine Versickerung stattfindet. Im Abelitz-Moordorf-Kanal wurde zudem eine starke Vorfüllung anhand des Unterwasserstands vorgenommen (siehe Kapitel 6.3). In den Gewässern im direkten Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters wird ein Mittelwasserstand angenommen (s. o.).

Für den Meedekanal wurde keine Starkregenbetrachtung für den Istzustand durchgeführt, da die Beeinflussung des Gebietes nur durch eine punktuelle Überleitung unter der K113 und die Straßenplanung der K 115n gegeben ist. Die Überleitung aus dem Uthwerdumer Vorfluter ist durch ein Regelbauwerk begrenzt, so dass eine ungesteuerte Überlastung des Systems ausgeschlossen werden kann.

8.1 Simulationsergebnisse Istzustand

8.1.1 Starkregenereignis Tn100 (42,6 l/m², 1 h)

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 vereinzelter Stellen durch den oberflächlichen Abfluss zu den Gewässern im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters Ausuferungen an deren Tiefpunkten.

8.1.2 Starkregenereignis (100 l/m², 2 h)

Bei der Starkregensimulation mit 100 l/m² in 2 Stunden kommt es im Ober- und Unterlauf des Uthwerdumer Vorfluters zu Ausuferungen, da das Grabenprofil stellenweise nicht ausreichend Kapazität aufweist, um die aufkommende Niederschlagsmenge weiterleiten zu können. Im Bereich des Baugebietes ZKG wird eine Wassertiefe von max. ca. 1,1 m erreicht. Im Vorland der geplanten Warft kommt es zu entsprechenden Ansammlungen von Niederschlagswasser in Geländesenkungen bzw. in weiteren Grabenstrukturen (siehe Anlage 10).

8.1.3 Starkregenereignis (200 l/m², 24 h)

Bei der Starkregensimulation mit 200 l/m² ergeben sich durch die Verteilung des Niederschlags auf einen längeren Zeitraum von 24 Stunden größere Flächen Niederschlagswasser im Unterlauf des Uthwerdumer Vorfluters als im Oberlauf. Im Bereich des Baugebietes ZKG kommt es im Vorland zu einer maximalen Wassertiefe von ca. 1,3 m (siehe Anlage 11).

8.2 Simulationsergebnisse Planzustand

8.2.1 Starkregenereignis Tn100 (42,6 l/m², 1 h)

Die Anlagen 6, 7 und 12 zeigen die maximalen Wassertiefen für die Planzustände 1, 2 und 3 aus der Starkregensimulation, in den Anlagen 8, 9 und 15 sind die Differenzen der Ergebnisse aus den drei Planzuständen zum Istzustand dargestellt.

Die Ergebnisse zu den Planzuständen 1 und 2 wurden in der Freiraumplanung zum ZKG-Gelände berücksichtigt. Im Planzustand 3 wurde das Gelände so gestaltet, dass der auf dem Gelände anfallende Niederschlagsabfluss bei einem hundertjährigen Starkregen 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 zusätzlich betrachteten Untervarianten der Planzustände simuliert. Die Betrachtung wurde lediglich für die Planzustände 1, 2 und 3 durchgeführt, um den Einfluss der Überleitung zum Meedekanal sowie zusätzliche Geländeoptimierungen (Planzustand 3) auf ein Starkregenereignis zu dokumentieren. Die Planzustände 1a, 2a und 2b wurden nicht gesondert betrachtet.

Auf den landwirtschaftlichen Flächen und auf dem ZKG-Gelände zeigen sich in allen drei 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 RRB und direkt im Zufluss des Durchlasses der K115.

Sie liegen im tieferen Gelände vor der geplanten Warft. Die Bauflächen auf der Warft lassen sich durch entsprechende Detailplanung von Verkehrsflächen und Geländeneigung von Überflutungen freihalten. Vorgesehen ist eine Ausführung der Gebäudeanschlussflächen und der Verkehrsflächen mit Geländeneigungen, die neben den Kanälen auch eine Entwässerung über die Geländeoberflächen und die Warftböschungen zum RRB und den Flutmulden ermöglichen. Auch auf Parkplatzflächen kann ein kurzzeitiger, wenige Zentimeter hoher Einstau ermöglicht werden, um schadlos Rückhaltekapazitäten zu schaffen.

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. 20 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 Uthwerdumer Vorfluter oberhalb des ZKG-Geländes erhöhen sich wie in Planzustand 1 um maximal 20 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 nach Süden abfließen kann.

Die Differenzen der Wassertiefen zwischen Ist- und Planzustand 3 in Anlage 15 zeigen, dass die Baumaßnahme sich sowohl auf den Unterlauf als auch auf den Oberlauf auswirkt.

Durch die Anhebung der angrenzenden Feldflächen östlich des ZKG-Geländes, wird der Niederschlagsabfluss verdrängt und die Wassertiefen erhöhen sich auf den unmittelbar angrenzenden Flächen und Gräben im Oberlauf um bis zu 20 cm:

- auf den angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen (überwiegend Grünland) östlich der Bodenauffüllungen, sowie in dem Uthwerdumer Vorfluter in diesem Bereich,
- im nördlichen und östlichen Grenzgraben an der nördlichen Auffüllungsfläche bis an den nördlich gelegenen Siedlungsbereich,
- im Bereich der landwirtschaftlichen Hofstelle im Südosten und
- südöstlich des Hofes auf ackerbaulich genutzten Flächen an der Bahntrasse.

Hier sind weitere Maßnahmen erforderlich, um negative Auswirkungen auszuschließen. Das durch die Geländeanhebung verdrängte Retentionsvolumen (3.880 m³, siehe Kapitel 6.2.2) ist auszugleichen und so umzusetzen, dass keine Verschlechterung der Überflutungssituation durch die Geländeanhebung verursacht wird. Das erforderliche Volumen soll im weiteren Planungsverlauf voraussichtlich auf den östlich benachbarten Grundstücken im Rahmen von naturschutzfachlichen Ausgleichsmaßnahmen realisiert werden, ggf. auch in Verbindung mit zusätzlichem Abtrag im Bereich des ZKG-Außengeländes und Aufweitung landwirtschaftlicher Überfahrten nördlich der Hofstelle. Eine Planung lag zum Zeitpunkt der vorliegenden Untersuchung jedoch noch nicht vor, daher ist an dieser Stelle bei einem Bodenauftrag der hydraulische Nachweis nach Ausarbeitung der Planung erneut bzw. abschließend zu führen.

Durch die geplante Ableitung von einem Teil des Abflusses Richtung Süden (Meedekanal) zeigen sich auf dem Gelände der EAE und im Bereich der geplanten Brücke der K 115n ebenfalls höhere Wasserspiegel als im Istzustand. Diese sind jedoch (wie im neuen Uthwerdumer Vorfluter und auf dem Warft-Gelände) durch die neue Geländemodellierung verursacht, die eine zusätzliche Wasseraufnahme ermöglichen. Für die EAE-Fläche ist ein kurzzeitig erhöhter Wasserstand im dortigen Gehölzbestand akzeptabel und mit der EAE abgestimmt. Durch den aufgeweiteten Grenzgraben und dessen optimierten Anschluss an den Uthwerdumer Vorfluter ist eine schnelle Ableitung nach einem Starkregenereignis gewährleistet.

Für das einstündige Ereignis wird der maximale Abfluss bzw. Wasserstand nach ca. 1,5 Stunden erreicht. Nach ca. 4 Stunden ist das Ereignis im Bereich der EAE-Fläche weitestgehend abgeflossen. In Bereichen mit größerem Einzugsgebiet wird der maximale Abfluss nach ca. 2 Stunden erreicht, nach ca. 8 bis 12 Stunden ist der Normalwasserstand dann auch hier wieder erreicht.

Durch den Rückhalt des Niederschlags auf dem ZKG-Gelände und der gedrosselten Ableitung des Abflusses in den Meedekanal, verbessert sich die Hochwassersituation bei Starkregen im Unterlauf. Der Wasserspiegel senkt sich im Unterlauf der Baumaßnahme um ca. 8 cm. Der unverändert bleibende DN1200-Durchlass der K 115 wirkt sich in allen Starkregenereignissen drosselnd auf den Unterlauf aus.

8.2.2 Starkregenereignis (100 l/m², 2 h)

Der Vergleich zwischen Bestand und Planzustand 3 bei einer Niederschlagsbelastung von 100 l/m² in 2 Stunden zeigt, dass die Niederschlagsmengen, welche durch den Bau des ZKG verdrängt werden, sich östlich des geplanten Gebäudekomplexes innerhalb des Klinikgeländes ausbreiten. Die maximalen Wassertiefen sind der Anlage 13 zu entnehmen.

Differenzen in den Wassertiefen treten im Bereich des geplanten Baugebiets ZKG größtenteils lokal auf. Durch die Verlagerung der Niederschlagsmengen kommt es östlich des ZKG zu einem Rückstauereffekt, welcher zu einem Anstieg der Wasserspiegellage führt. Im neuen Uthwerdumer Vorfluter steigt die Wasserspiegellage um maximal 12 cm an. Im Unterlauf des geplanten ZKG-Geländes kommt es zu einer Senkung der Wasserspiegellage um ca. 3 cm. Die Wassertiefendifferenzen für den gesamten Untersuchungsraum sind der Anlage 16 zu entnehmen.

8.2.3 Starkregenereignis (200 l/m², 24 h)

Der Vergleich zwischen Bestand und Planzustand 3 bei einer Niederschlagsbelastung von 200 l/m² in 24 Stunden zeigt, dass die Niederschlagsmengen durch den Bau des ZKG sich teilweise von dem Unterlauf auf den Oberlauf verlagern. Die maximalen Wassertiefen sind der Anlage 11 zu entnehmen.

Es werden im Planzustand weniger Niederschlagsmengen an den Unterlauf weitergeleitet und breiten sich stattdessen innerhalb des Außengeländes aus. Es kommt zu einem Rückstauereffekt, welcher östlich des ZKG zu einem Anstieg der Wasserspiegellage führt. Im neuen Uthwerdumer Vorfluter steigt die Wasserspiegellage um maximal 5 cm an. Im Unterlauf des geplanten ZKG-Geländes kommt es zu einer Senkung der Wasserspiegellage um ca. 5 cm. Die Wassertiefendifferenzen für den gesamten Untersuchungsraum sind der Anlage 17 zu entnehmen.

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 verkehrlichen Erschließung des Klinikgeländes dient eine neue Kreisstraße (K 115n) inkl. Brücke über Bundesstraße und Güterbahntrasse.

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 Meedekansals vorsieht. Daher wurde dieses Einzugsgebiet in die Untersuchungen miteinbezogen.

Insgesamt wurden der Istzustand und sechs 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. Der Notüberlauf ist ebenfalls an den Uthwerdumer Vorfluter angeschlossen.

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 im Plangebiet zu vergrößern.

Planzustand 2

Der Planzustand 2 beinhaltet eine Überleitung des Notüberlaufs aus dem geplanten RRB ZKG über ein DN1200 von Norden unter der Güterbahnstrecke und der Bundesstraße B72/B210 zum Meedekanal. Ohne weitere Reduzierung des Durchlasses unter Bahn/Bundesstraße 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.

Planzustand 2b

Der Planzustand 2 wird im Planzustand 2b dahingehend modifiziert, dass der Notüberlauf aus dem RRB gedrosselt (mit 552 l/s) zusammen mit den Abflüssen von Reiterhof und neuer Straße (K 115n) 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.

Planzustand 3

Der Planzustand 3 beinhaltet eine Überleitung des Notüberlaufs aus dem geplanten RRB zusammen mit den Abflüssen von Reiterhof und neuer Straße (K 115n) über ein straßenbau-technisch erforderlichen Durchlass DN800 von Norden unter der Güterbahnstrecke und der Bundesstraße B72/B210 zum Meedekanal. Der im Meedekanal direkt östlich der K113 gelegene Durchlass (DN600) einer landwirtschaftlichen Überfahrt wird entfernt. Die nachfolgenden Durchlässe unter der K113 und eine weitere landwirtschaftliche Überfahrt sollen zwar durch Rahmendurchlässe ersetzt werden, bleiben als Sicherheitsreserve in den Berechnungen aber unberücksichtigt.

Der Untersuchungsraum wurde in einem hydraulischen 2D-Modell abgebildet und die Gewässer mit Bemessungsabflüssen für ein HQ100-Ereignis (ein statistisch alle 100 Jahre auftretendes Ereignis) gemäß den Abflussvorgaben für die Friesische Geest (mit 20 % Klimazuschlag) belastet.

Die Berechnungen mit dem hydraulischen Modell zeigen, dass der Uthwerdumer Vorfluter im heutigen Zustand nicht ausreichend leistungsfähig ist, einen HQ100-Abfluss (mit Klimazuschlag) überflutungsfrei abzuleiten. Aufgrund der Geländesituation treten bereits heute im Bereich des zukünftigen ZKG-Geländes vereinzelt Überflutungen aus dem Gewässer 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, 2b und 3 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 des Uthwerdumer Vorfluters, 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 maximal 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 des Überlaufereignisses aus dem RRB erfolgen, d.h. sie wäre zeitlich auf wenige Stunden begrenzt. Die Leistungsfähigkeit des HUSW Victorburger Meede ist für die Planzustände 2a und 2b ausreichend

bzw. weist für Planzustand 2b noch Kapazitäten (z.B. zur Kompensierung von Klimawandeleinflüssen) aus.

Die Berechnungsergebnisse des **Planzustands 3** zeigen, wie beim Planzustand 2a und 2b, **eine Verbesserung der Abflusssituation im Uthwerdumer Vorfluter im Bereich des Planungsgeländes**. Der Wasserspiegel liegt aufgrund der Verringerung des Gesamtabflusses durch die Überleitung von Teilabflüssen in den Meedekanal niedriger als im Istzustand. **Die Wasserspiegellage außerhalb des Planungsraums senkt sich im Oberlauf um ca. 10 cm bis 20 cm und im Unterlauf um max. ca. 25 cm (im Uthwerdumer Vorfluter)**.

Zusätzlich wurde eine flächige Starkregenbetrachtung mit KOSTRA-Niederschlagsdaten für ein hundertjährliches Regenereignis wie auch für zwei Extremereignisse (100 l/m² in 2 Stunden, 200 l/m² in 24 Stunden), 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 des Istzustandes zeigen, dass sich aufgrund der geringen Geländeneigung größere Wasserflächen auf dem Gelände (Füllen von Mulden) bilden und an vereinzelt Stellen durch den oberflächlichen Abfluss zu den Gewässern im Einzugsgebiet des Uthwerdumer Vorfluters Ausuferungen an deren Tiefpunkten entstehen. Bei der Starkregensimulation mit 100 l/m² in 2 Stunden kommt es im Ober- und Unterlauf des Uthwerdumer Vorfluters zu Ausuferungen, da das Grabenprofil stellenweise nicht ausreichend Kapazität aufweist, um die aufkommende Niederschlagsmenge weiterleiten zu können. Im Bereich des Baugeländes ZKG wird eine Wassertiefe von max. ca. 1,1 m erreicht. Bei der Starkregensimulation mit 200 l/m² ergeben sich durch die Verteilung des Niederschlags auf einen längeren Zeitraum von 24 Stunden größere Flächen Niederschlagswasser im Unterlauf des Uthwerdumer Vorfluters als im Oberlauf. Im Bereich des Baugebiets kommt es im Vorland zu einer maximalen Wassertiefe von ca. 1,3 m.

Für die betrachteten Planzustände 1 und 2 kann der Nachweis der Hochwasserunschädlichkeit nicht geführt werden. Die geplanten Maßnahmen auf dem Klinikgelände verursachen eine Verschlechterung der Hochwassersituation bei Starkregen auf die umliegenden Grundstücke im Oberlauf und im Unterlauf des Uthwerdumer Vorfluters bzw. des Klinikgeländes.

Die Berechnungsergebnisse der Starkregensimulation für den **Planzustand 3 zeigen** gegenüber dem Istzustand **eine Verbesserung westlich der K 115**. Auf dem Planungsgelände selbst sind in Teilbereichen zwar höhere Wasserstände als im Istzustand ermittelt worden, diese sind jedoch durch die geplante Geländemodellierung verursacht und stellen somit keine Verschlechterung der Situation dar. Östlich des geplanten Klinikgeländes werden durch die Anhebung angrenzender Feldflächen **Verschlechterungen** verursacht. Diese **sollen, falls an dem Bodenauftrag festgehalten wird, in weiteren Planungsschritten durch Maßnahmen zum Retentionsraumausgleich auf benachbarten Flächen kompensiert** werden. **Ein Nachweis der Hochwasserunschädlichkeit für ein Starkregenereignis Tn100 wäre dann gesondert zu führen.**

Die Ergebnisse der Starkregenbetrachtung für die beiden Extremereignisse zeigen die gleichen Verbesserungen und Verschlechterungen gegenüber dem Istzustand wie das 100-jährliche Ereignis, eine größere Gefährdung angrenzender Wohnbebauung durch die Maßnahme ist jedoch auch für diese Ereignisse nicht zu erkennen.

10 Literatur und verwendete Datengrundlage

- DWA (2010): Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Arbeitsblatt DWA-A 117 - Bemessung von Regenrückhalterräumen. Hennef
- DWA (2020): Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 - Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Hennef
- DWD Climate-Data-Center (CDC) (2017): Raster der Wiederkehrintervalle für Starkregen (Bemessungsniederschläge) in Deutschland (KOSTRA-DWD), Version 2010R
- DWD Deutscher Wetterdienst (2021): Hydro-klimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021 (https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20210721_bericht_starkniederschlaege_tief_bernd.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
- Erster Entwässerungsverband Emden: Digitales Geländemodell DGM, 1x1m
- Erster Entwässerungsverband Emden: Gewässerkarte, Januar 2014
- Erster Entwässerungsverband Emden: Ausschnitt aus dem digitalen Lagerbuch, Profilinformatio- nien Gräben und Durchlässe
- Erster Entwässerungsverband Emden: Nachweis Unterschöpfwerksgebiet Victorburer Meede, November 2010
- Erster Entwässerungsverband Emden: Antrag auf Bewilligung gemäß § 13 NWG für eine Ge- wässerbenutzung im Sinne von § 4 NWG im Rahmen des neuen Wassermanage- ments für das Große Meer, Anlage 3, Pegelwerte Marscher Tief, Pegel Bedekaspeler Marsch, Oktober 2007
- Erster Entwässerungsverband Emden: Ausbautentwurf Entwässerung im Gebiet Uthwerdum, August 1961
- Gemeinde Südbrookmerland: HUSW Victorburer Meede – Berechnungen zum Einzugsgebiet vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Natur- schutz (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
- IST 2022 DGM, Entwässerungspläne etc. (Stand Juli 2022)
- IBG Ingenieurbüro W. Grote GmbH Straßenplanung K 115n (Stand Juli 2022)
- KAUPA & PARTNER Ingenieurgesellschaft mbH: Aufmaß ZKG Gelände Bestand (PDF, DWG, xlsx, Ortholuftbilder, Drohnenbefliegung), Januar 2021
- KAUPA & PARTNER Ingenieurgesellschaft mbH: Fotos zur Geländevermessung, Ja- nuar 2021
- KLEVER – Klimaoptimiertes Entwässerungsmanagement im Verbandsgebiet Emden (Olden- burg, Oktober 2018)
- Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN): Ortholuftbil- der 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

LandschaftsArchitekturbüro Georg von Luckwald: Lagepläne zu Grundlagen Gesamtgebiet und Plangebiet ZKG, Mai 2022 Übersichtslageplan

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)