Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg	Regierungspräsidium Tübingen
Bundesstraße B 28 von NK 7421 134 n NK 7522 063 Stat. 5.179 bis NK 7522 063 n NK 7522 066 Stat. 0.140	
B 28 Bad Urach Ausbau Knotenpunkte „Wasserfall“ und „Hochhaus“	
PSP-Element: **V.2410.B0028.A05**	

FESTSTELLUNGSENTWURF

UNTERLAGE 21.8.1

- Wasserbautechnische Unterlagen zur Ermsverlegung Hydraulische_Situation_Bericht-

Aufgestellt: Regierungspräsidium Tübingen Abteilung 4 Straßenwesen und Verkehr Referat 42 Steuerung und Baufinanzen Tübingen, den	



Stadtverwaltung Bad Urach
Marktplatz 8-9
72574 Bad Urach

Umbau der B28 in Bad Urach, Verlegung der Erms am Knotenpunkt „Hochhaus“

Überprüfung der hydraulischen Situation infolge der Umbaumaßnahmen

Erläuterungsbericht

11. September 2023

WALD + CORBE Consulting GmbH
Hauptsitz
Am Hecklehamm 18
76549 Hügelsheim
Tel. +49 7229 1876-00

Niederlassung Stuttgart
Fritz-Reuter-Straße 18
70193 Stuttgart
Tel. +49 711 263464-0

Niederlassung Haslach
Schnellinger Straße 78
77716 Haslach
Tel. +49 7832 96094-0

Niederlassung Schwetzingen
Duisburger Straße 13
68723 Schwetzingen
Tel. +49 7229 1876-00

Angaben zur Gesellschaft
Registergericht Mannheim
HRB 211092
USt.-IDNr. DE244600597

Geschäftsführung
Peter Kirsamer
Jörg Koch
Dr. Gregor Kühn

www.wald-corbe.de

BKW Engineering Network

Inhaltsverzeichnis

1 Veranlassung, Aufgabenstellung 1

2 Zuflüsse, Modellrandbedingungen 3

2.1 Hydrologie 3

2.2 Modellrandbedinungen 3

3 Modellaufbau 4

3.1 Geometrie 4

3.1.1 Ist-Zustand 4

3.1.2 Plan-Zustand 5

3.2 Widerstandsbeiwerte 5

4 Ergebnisse 6

4.1 Ist-Zustand 6

4.2 Plan-Zustand 8

4.2.1 HQ_{100} 8

4.2.2 MQ, MNQ 9

4.2.3 Retentionsvolumen 9

Zusammenfassung 10

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1 HWGK Bad Urach bei HQ_{100}, Untersuchungsbereich von Brücke Seltbachstraße (SIKA-Gebäude) bis zum Diegele-Wehr 2

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1 Abflusswerte bei MNQ, MQ und HQ_{100} aus der Regionalisierung des Landes Baden-Württemberg [5] 3

Tabelle 2.1 Angesetzte Rauheitsbeiwerte k_{st} im Gewässer Erms 6

Projektnummer	101.22.083
Projektbearbeitung	M. Sc. Daniel Gehrmann
	Dr. techn. Tim Fischer-Antze
Bericht	Y:\Hyd2D_Erms_Urach\A04_Berichte\Bericht_Hyd2D_Erms_Urach_Knoten_B28.docx

1 Veranlassung, Aufgabenstellung

Die Stadt Bad Urach plant im Auftrag des Regierungspräsidiums Tübingen als Straßenbaulastträger den Umbau von zwei Knotenpunkten der B28 in der Ortsdurchfahrt. Für den Knotenpunkt "Hochhaus" an der Einmündung Stuttgarter Straße muss die Erms auf einem Teilstück verlegt werden. Hierfür werden auch Renaturierungsmaßnahmen vorgesehen. Im Zuge der Neugestaltung des Knotens Hochhaus werden die zwei Ermsbrücken „Burgstraße“ und „Stuttgarter Straße“ entfernt und eine neue Brücke „Stuttgarter Straße“ zwischen den Standorten der Altbrücken errichtet.

Die Hochwassergefahrenkarten an der Erms werden derzeit gebietsweise fortgeschrieben, sog. HWGK_GF. Aus der Fortschreibung liegt eine flächige Befliegung des Geländes (Laserscandaten von 2017) vor, die terrestrische Vermessung der HWGK-Profile erfolgte im Sommer 2022 im GPRO-Standard.

Es soll eine hydraulische Untersuchung zu den geplanten Umgestaltungen erstellt werden.

Die hydraulische Untersuchung umfasst:

- Aufstellen eines zweidimensionalen hydronumerischen (2D-HN-) Modells zur hydraulischen Abbildung im Bestand
- Anpassen des 2D-HN-Modell an die Planung
- Bewertung der Maßnahmen bei den Abflusszuständen
  - HQ_{100} (100-jährliches Hochwasserereignis)
  - Mittelwasser (MQ) und
  - Mittleres Niedrigwasser (MNQ)

Auf Basis der Ersterstellung der Hochwassergefahrenkarten (HWGK_E) in Bad Urach an der Erms (s. untenstehende Abbildung) wurde der Untersuchungsbereich festgelegt. Die hydraulische Modelluntersuchung soll den Bereich vom SIKA-Gebäude (Brücke Seltbachstraße) bis zum Diegele-Wehr umfassen. Auf diesem Abschnitt weist die Erms eine Länge von ca. 950 m auf.

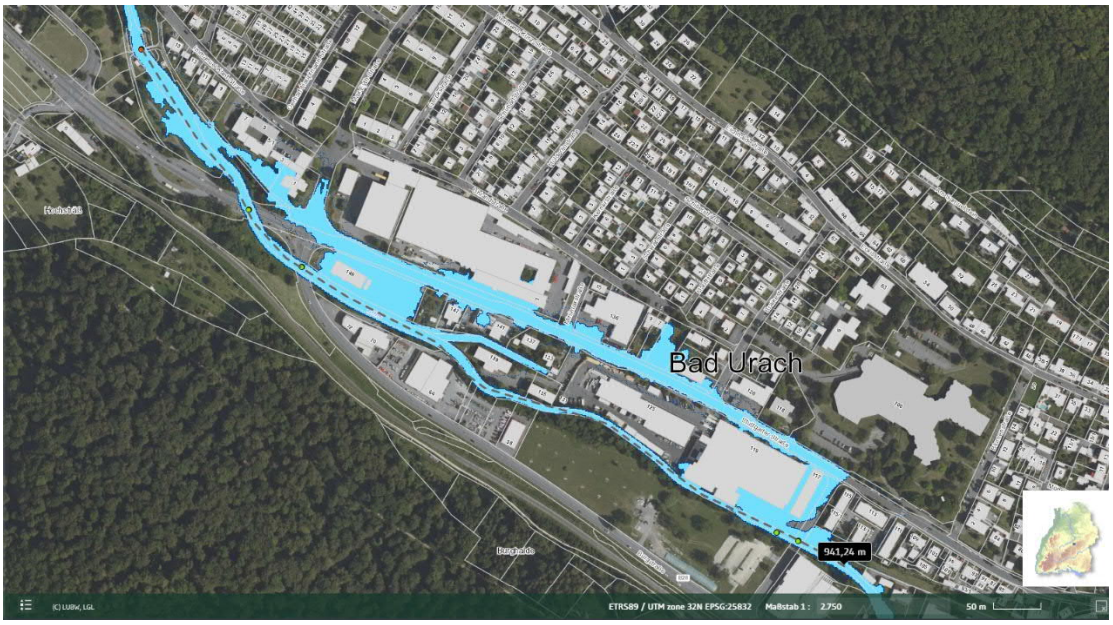


Abbildung 1.1 HWGK Bad Urach bei HQ_{100}, Untersuchungsbereich von Brücke Seltbachstraße (SIKA-Gebäude) bis zum Diegele-Wehr

Die hydraulische Untersuchung umfasst die Erstellung von HydTerrains (Digitales Geländemodell mit eingeprägtem Flussschlauch aus terrestrischer Vermessung) für den Ist- und Plan-Zustand (ggf. auch von weiteren Plan-Varianten), die 2D-Modellerstellungen für alle Zustände und 2D-HN-Berechnungen bei HQ_{100} für den Ist-Zustand bzw. HQ_{100}, MQ, MNQ für den Plan-Zustand.

Die Berechnungsergebnisse werden GIS-technisch aufbereitet und dargestellt. Für die Vorzugsvariante werden Flächenausbreitungen, Überflutungstiefen, WSP-Lagen, Fließgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen ausgewertet und dargestellt.

Die hydraulischen Strömungsergebnisse werden bewertet und dienen als Grundlage bei der planerischen Dimensionierung der Ermsverlegung sowie des naturnahen Gewässerausbaus (Strukturelemente und ingenieurbiologische Ufersicherungen). Die Umbaumaßnahmen können nur unter der Maßgabe einer gegebenen Hochwasserneutralität genehmigt werden. Durch einen Vergleich der Hochwassersimulationen im Ist- und Plan-Zustand wird die Hochwasserneutralität nachgewiesen.

Derzeit wird die gebietsweise Fortschreibung der HWGK (HWGK_GF) bearbeitet. Hier liegt landeseinheitlich eine etwas abweichende Vorgehensweise zur hier durchgeführten Untersuchung vor. Bei der HWGK_GF werden zunächst Abflussganglinien mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell (sog. BFGM) ermittelt. Die hydronumerischen Simulationen erfolgen dann instationär.

Auf Grund der zeitlichen Vorgaben war ein Abwarten auf Zuflussganglinien (BFGM Ergebnisse) und eine instationäre hydronumerische Vorgehensweise für das vorliegende Projekt nicht möglich, so dass in Abstimmung mit dem Regierungspräsidium Tübingen eine stationäre Untersuchung festgelegt wurde.

2 Zuflüsse, Modellrandbedingungen

2.1 Hydrologie

Aus den Ergebnissen der HWGK Ersterstellung konnten die Bemessungsabflüsse bei Hochwasser für die vorliegende Untersuchung entnommen werden. Diese stammen aus der landesweit flächendeckend vorliegenden Regionalisierung des Landes Baden-Württemberg zur Bereitstellung von Abflusskennwerten (stationär). Nach Abstimmung mit dem RP Tübingen wurde für die vorliegenden Untersuchung die Abflusskennwerte aus der Regionalisierung entnommen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Abflusskennwerte für die Untersuchungsstrecke an der Erms in Bad Urach gegeben.

Tabelle 2.1 Abflusswerte bei MNQ, MQ und HQ_{100} aus der Regionalisierung des Landes Baden-Württemberg [5]

Abflusswerte		MNQ	MQ	HQ_{100}
Erms oh. Brühlbach	[m³/s]	0,80	2,03	27,07

Der Regionalisierungsknoten „Erms oh. Brühlbach“ liegt unterhalb des Untersuchungsgebiets, so dass mit der Wahl des Knotens ein konservatives Ansetzen der Abflusskennwerte gegeben ist. Es wurde die Annahme getroffen, dass der im Modelgebiet befindliche SIKA-Kanal keine Zuflüsse bei HQ_{100} aufweist bzw. bei den anderen Abflusskennwerten durch die Wahl der Lage des Regionalsierungsknotens im Aussagegebiet wieder der Gesamtabfluss vorliegt (die Maßnahme liegt unterhalb der Einmündung des SIKA-Kanals).

2.2 Modellrandbedinungen

Bei 2D-HN-Modellierungen müssen Randbedingungen vorgeben werden. Diese bestehen bei strömenden Abflussverhältnissen aus einer Zuflussganglinie bzw. der Vorgabe eines konstanten Abflusskennwertes am oberen Modellrand sowie der Definition von seitlichen Zuflüssen, sofern vorhanden. Am unteren Modellrand wird in der Regel eine Abflusskurve in Form einer Wasserstands-Abfluss-Beziehung vorgeben.

Bei der vorliegenden Untersuchung befindet sich der untere Modellrand am Diegele-Wehr. Hier findet eine Abflusskontrolle statt. Die Wasserstände werden bei normaler Wasserführung am Diegele-Wehr aufgestaut, bei Hochwasserereignissen wird die Stauklappe abgesenkt, so dass der vollständige Abflussquerschnitt zur Abführung der Hochwassermengen zur Verfügung steht.

Bei der Erstellung der HWGK_E wurden offensichtlich die vermessenen Querprofile (auch im Bereich des Diegele-Wehrs) direkt verwendet. Aus den Vermessungsdaten konnte das Steuerungsreglement des Wehrs bei Hochwasser nicht entnommen werden.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde das Steuerungsreglement beim Diegele-Wehr bei Hochwasser beim Kraftwerksbetreiber angefragt.

Der Kraftwerksbetreiber hat das Absenken der Wehrklappe bei einem Hochwasserereignis in der Erms bestätigt. Somit liegt mit abgesenkter Wehrklappe am Diegele-Wehr eine andere Geometrie vor, als dies durch die HWGK-Vermessung abgebildet werden kann. Dies wurde hier berücksichtigt.

Beim Wehr-Bauwerk ist eine Fischtreppe vorhanden. Hier herrscht nach Angabe des Kraftwerkbetreibers ein konstanter Abfluss Q = 236 L/s. Dieser wurde bei der 2D-HN-Modellierung angesetzt.

Bei Mittelwasser- und Mittlerer Niedrigwasserführung wird die Erms durch das Diegele-Wehr eingestaut.

3 Modellaufbau

Die hier durchgeführte 2D-HN-Modelluntersuchung erfolgte mit der Simulationssoftware Hydro_AS-2D. Der Softwareentwickler ist Hydrotec in Aachen. Hier wurde die Modellvariante 5.5.2 eingesetzt.

Hydro_AS-2D ist in Baden-Württemberg der Standard für zweidimensionale Modelluntersuchungen. Bei den hydraulischen Berechnungen zur Erstellung der Hochwassergefahrenkarten wird die Anwendung der Software Hydro_AS-2D fest vorgeschrieben.

3.1 Geometrie

Der Modellaufbau an der Erms erfolgte auf einer Länge von 950 m von der Seltbachstraße bis zum Diegelewehr (s. Anlage 1). Der im Untersuchungsgebiet befindliche SIKA-Kanal wurde geometrisch berücksichtigt. Insgesamt wurde ein Modellgebiet von 304.600 m² als 2D-Modell aufgebaut.

Die Festlegung des notwendigen Untersuchungsumfangs erfolgte in Abstimmung mit dem RP Tübingen und wurde orientiert an den Ergebnissen der HWGK-Ersterstellung (HWGK_E).

Bei der HWGK_E treten rechtsseitige Ausbordungen bei HQ_{100} ab der Seltbachstraße auf. Die Ausbordungen strömen über die Stuttgarter Straße in Richtung der geplanten Ausbaumaßnahme. Somit kann die geplante Maßnahme Einfluss auf die Ausbordungsfläche nehmen. Dies macht die Definition eines großräumigeren Untersuchungsgebiets als nur im direkten Nahbereich der geplanten Gewässerverlegung notwendig.

3.1.1 Ist-Zustand

Die Datengrundlage zum Modellaufbau des Ist-Zustands stellte die neue HWGK-Vermessung (Vermessungszeitraum Juni/Juli 2022) sowie das Digitale Geländemodell aus der Laserscanbefliegung (März 2017) dar.

Zunächst musste ein HydTerrain des Ist-Zustands erzeugt werden. Beim HydTerrain handelt es sich um ein hydraulisch wirksames Digitales Geländemodell basierend auf der Laserscanbefliegung des Landes Baden-Württemberg ergänzt um einen eingeprägten Flussschlauch, der durch Interpolation der vermessen Gewässerquerprofile erzeugt wurde.

Nach der neueren methodischen Vorgehensweise in Baden-Württemberg wird der terrestrisch vermessene Flussschlauch bis zur WSP-Anschlagslinie verwendet. Die Bereiche jenseits der Wasserspiegelanschlaglinien, also die Böschungsbereiche und Vorländer werden aus den Daten der Laserscanbefliegung abgebildet.

Der Vorteil liegt in einer räumlich hochaufgelösten Abbildung des Geländes, insbesondere auch der Böschungsoberkante. Nach der alten Vorgehensweis musste die Böschungsoberkante noch auf Grund der Genauigkeitsansprüche früherer Befliegungen durch Interpolation zwischen den Profilvermessungen ermittelt werden. Dadurch konnten mögliche Schwachstellen zwischen den Vermessungsprofilen nicht erfasst werden.

Im Modellgebiet befindliche Gebäude konnten aus einer Generalisierung der bereitgestellten ALKIS-Daten im Modell nachgebildet werden. Die Gebäudebereiche wurden über eine entsprechende Attributierung im Modell („disabled“) als nicht durchströmbar gesetzt.

Straßenzüge konnten ebenfalls durch die ALKIS-Daten dem hydraulischen Modell als Bruchkanten vorgeben werden. Hiermit konnten mögliche Fließwege bei Ausbordungen im Modell abgebildet und eine Abgrenzung von Rauheitsbereichen geschaffen werden.

Der Aufbau des Modellnetzes erfolgte getrennt für die Vorlandbereich und den Flussschlauch.

Das Vorlandenetz wurde durch Anwendung der Software Laser_AS-2d (Hydrotec) erstellt. Mit der Vorgabe der zuvor generierten Bruchkanten wurde ein optimiertes Vorlandnetz erzeugt. Im Bereich des Flussschlauchs kam die Software Flgen (Hydrotec) zum Einsatz. Nach dem getrennten Modellnetzaufbau von Vorland- und Flussschlauchnetz wurden die beiden Modellnetzteile durch eine merge-Prozedur zusammengeführt. Im Gesamtnetz wurden im Nachgang die Widerlager und Unterzüge der im Modellgebiet vorhandenen Brückenbauwerke detailgetreue im Modellnetz nachgebildet.

Im Flussschlauch wurden Rectangular Patches als Modellelemente vorgesehen, um ein Nachführen des geschwungenen Gewässerverlaufs optimal im Modellnetz abzubilden. Die damit gegebene weitgehend orthogonale Anströmung ist aus numerischen Gründen günstig/vorteilhaft.

Im Vorlandbereich wurde eine Dreiecksvermaschung vorgesehen. Der Vorteil in diesem Bereich liegt in der detailgetreuen Nachbildung von auch kleinräumigen Geländestrukturen.

Eine Höhenbelegung des Modellnetzes erfolgte aus dem zuvor generierten HydTerrain.

3.1.2 Plan-Zustand

Das Modellnetz des Plan-Zustandes wurde auf der Grundlage des Modellnetzes für den Ist-Zustand erstellt.

Im Planungsbereich, beim Knotenpunkt Hochhaus, wurde vom Planer ein Digitales Geländemodell (DGM) des Plan-Zustandes erzeugt (getrennte Lieferung für Straße und Gewässer). Dieses Plan-DGM enthielt sowohl die Verlegung der Erms, den Brückenneubau mit Widerlagern und die Umplanung des Straßenanschlusses (Knotenpunkt Hochhaus). Die Geometrie des naturnahen Gewässerumbaus war im Bereich der größeren Strukturen bereits im DGM enthalten. Weitere, eher kleinräumige Strukturen wurde durch die Wahl entsprechender Gewässerrauheiten berücksichtigt.

Mit einer Länge der verlegten Erms von rund 180 m stand das Plan-DGM als Grundlage zur Erzeugung des HydTerrain im Plan-Zustand zur Verfügung. Außerhalb des Eingriffsbereichs blieb das Modellnetz gegenüber dem Ist-Zustand unverändert. Ein Modellnetz wurde nur im Maßnahmenbereich auf der Grundlage des Plan-DGM erzeugt. Diese wurde dem großräumigeren Modellnetz des Ist-Zustands eingeprägt, so dass ein Gesamtmodellnetz für den Plan-Zustand erzeugt wurde.

Die Berücksichtigung der neuen Brücke erfolgte analog zur Vorgehensweise im Ist-Zustand.

3.2 Widerstandsbeiwerte

Die Widerstandsbeiwerte werden in Hydro_AS-2D in Form von Stricklerwerten (Rauheiten) festgelegt. Hiermit wird der Einfluss rauer Sohlen auf das Strömungsverhalten im Fließgewässer bzw. bei Ausbordungen im Vorlandbereich parametrisiert.

Die Vorlandrauheiten wurden aus dem Nutzungsshape des Landes Baden-Württemberg abgeleitet.

Die Rauheiten im Gewässerschlauch wurden entsprechend der untenstehenden Tabelle festgelegt.

Hierbei wurden die Rauheiten im naturnah verlegten Gewässerabschnitt der Erms an den Vorschlägen des Landschaftsarchitekten [8] orientiert.

Tabelle 3.1 Angesetzte Rauheitsbeiwerte k_{st} im Gewässer Erms

	Bezeichnung	k_{st} [$m^{1/3}/s$]
	Flussbett Bestand	20-27
	Böschungsbereiche	13
Maßnahmenbereich	Flussbett	22
	Gehölze	13
	Strömungslenker	15
	Buhnen	20
	Hochstauden	25
	Steinschüttungen	25
	Rasen	28

4 Ergebnisse

4.1 Ist-Zustand

In der Anlage A.06 sind die Wassertiefen und die Überflutungsfläche beim 100-jährlichen Hochwasserereignis (HQ_{100}) nach den HWGK dargestellt. Am oberen Modellrand treten rechtsseitige Ausbordungen ab der Seltbachstraße auf. Es treten in weiterer Folge Straßenabflüsse mit geringen Wassertiefen entlang der Stuttgarter Straße (überwiegend in der untersten Wassertiefenklasse bis 25 cm) auf. Das nahe der Seltbachstraße gelegene SIKA-Gebäude ist von Überflutungen betroffen. Etwa 150 m unterhalb der querenden Max-Eyth-Straße strömen die stattgefundenen Ausbordungen dem Gewässer Erms wieder zu. Im weiteren Verlauf, in Richtung des Diegele-Wehrs (=unterer Modellrand), findet der Hochwasserabfluss wieder vollständig innerhalb des Flussbettes statt.

In der Anlage A.07 sind die Wassertiefen und die Überflutungsfläche für den neu berechneten Ist-Zustand dargestellt. Während die Bemessungsabflüsse (HQ_{100}-Abflusskennwerte) zwischen den HWGK und dem Ist-Zustand vergleichbar sein sollten, sind Unterschiede in der Geometrie vorhanden. Die Erms wurde im Juni/Juli 2022 neu vermessen und eine Neubefliegung des Geländes fand im März 2017 statt. Diese neueren Daten wurden für die vorliegende Modelluntersuchung verwendet.

Außerdem werden nach der neuen Vorgehensweise im Land Baden-Württemberg die Böschungsbereiche nicht mehr auf der Grundlage der terrestrisch vermessenen Profile interpoliert, sondern direkt über die Laserscandaten abgebildet. (siehe Kap. 3.1.1). Somit kann nach dem Neuaufbau, allein auf Grund der zugrunde liegenden Eingangsdaten, von einer genaueren Abbildung im Modell ausgegangen werden.

Die Ergebnisse (Anlage A.07) zeigen ein ähnliches Überflutungsbild wie bei der HWGK. Auch hier treten Ausbordungen ab der Seltbachstraße am oberen Modellrand auf und es findet ein Straßenabfluss entlang der Stuttgarter Straße bis unterhalb der Max-Eyth-Straße statt. Auch im Ist-Zustand treten keine Ausbordungen mehr im unteren Modellbereich auf.

Das Ausmaß der rechtsseitigen Ausbordungen ist allerding beim Ist-Zustand geringer. Auch hier treten Überflutungstiefen in der untersten Wassertiefenklasse (bis 25 cm) auf. Diese weisen aber etwas geringere Überflutungstiefen/-flächen auf.

Außerdem wird eine neue Ausbordungsstelle zwischen dem SIKA-Gebäude und dem darunter liegenden Gebäude ausgewiesen.

Ein Vergleich der berechneten Wasserspiegellagen ist in Form eines Sohl- und WSP-Längsschnittes in der Anlage A.09 (HQ_{100}, HWGK) und der Anlage A.10a (HQ_{100}, Ist-Zustand) gegeben.

Der Ergebnisvergleich zeigt, dass beim Diegele-Wehr bei der HWGK ein deutlicher Aufstau simuliert wurde, der im Ist-Zustand nicht auftritt. Der Grund liegt in der unterschiedlichen Annahme des Betriebes des Diegele-Wehrs im Hochwasserfall. Während offensichtlich die HWGK von einer aufgestellten Wehrklappe ausging, konnte im Rahmen dieser Detailuntersuchung ermittelt werden, dass das Diegele-Wehr im HW-Fall abgesenkt wird zur Bereitstellung des vollständigen Abflussquerschnittes.

Weitere kleinere Abweichungen treten im Planungsbereich zwischen den beiden Bestandsbrücken „Stuttgarter Straße“ und „Burgstraße“ auf. Hier sind im Ist-Zustand etwas höhere WSP-Lagen zu sehen, die dem mittleren Sohlgefälle folgen.

Etwa 50 m oberhalb der Einmündung des Triebwerkskanals (TWK), beim Sohlabsturz der Erms, treten ebenfalls Unterschiede auf. Die HWGK zeigt im Bereich des Sohlabsturzes eine etwas unerwartete Absenklinie, während im Ist-Zustand die Höhe des Sohlabsturzes etwa durch die simulierten Wasserspiegellagen nachgebildet wird. Dadurch treten auch oberhalb des Sohlabsturzes größere WSP-Lagen im Ist-Zustand auf.

Bei der Brücke SIKA treten ähnliche Werte auf, bei der Brücke Seltbachstraße liefert der Ist-Zustand größere Werte.

Abweichungen können bedingt sein durch Änderungen in der Gewässer- und Vorlandgeometrie (unterschiedliche Datengrundlagen), veränderte Modellierungsmethoden (Böschungen aus Laserscandaten abgeleitet) sowie unterschiedliche Modellierungsansätze (z.B. Ansetzen des Diegele-Wehrs). Insgesamt liefern die hydraulischen Berechnungen des Ist-Zustands ein in sich plausibles und stimmiges Gesamtbild.

Die hydraulischen Berechnungsergebnisse dienen den hydraulischen Berechnungen des Plan-Zustands als Referenz. Durch die Verwendung der identischen Eingangsdaten und des identischen Modellnetzes bei Ist- und Plan-Zustand außerhalb des Planungsbereichs, ist eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse des Ist- und Plan-Zustandes gegeben und somit eine Grundlage für den Nachweis der HW-Neutralität geschaffen.

4.2 Plan-Zustand

Die hydraulischen Berechnungen des Plan-Zustands wurden durchgeführt für ein 100-jährliches Hochwasserereignis, Mittelwasser und Mittleres Niedrigwasser (HQ_{100}, MQ und MNQ).

Eine graphische Aufbereitung erfolgte in Form von Wassertiefen-/Überflutungsflächenkarten, flächige Ermittlung der Fließgeschwindigkeiten und der Sohlschubspannungen.

4.2.1 HQ_{100}

In der Anlage A.08 sind die Wassertiefen und Überflutungsflächen für den Plan-Zustand, Variante 2, dargestellt. Die Variante 2 entstand nach einer planerischen Optimierung der Variante 1 durch den Landschaftsarchitekten [8]. Die Variante 2 wurde in Abstimmung mit den Planungsbeteiligten zur Vorzugsvariante festgesetzt.

Ein Vergleich zu den Berechnungsergebnissen bei HQ_{100} Ist-Zustand (Anlage A.07) zeigt, dass ein ähnliches, nahezu identisches Überflutungsbild im Plan-Zustand auftritt.

Lediglich im Bereich des Straßenneubaus tritt auf Grund leicht geänderter Höhenverhältnisse eine leicht reduzierte Ausbordungsfläche auf. Die Erms zeigt in ihrem Ausbordungs-/Verlegungsbereich eine größere Gerinnebreite im Vergleich zum Ist-Zustand, so dass hier entsprechend eine größere Wasserfläche innerhalb des Flussschlauchs auftritt.

Die Verteilung der Wassertiefen im Maßnahmenbereich ist auf Grund der Planungen zum naturnahen Gewässerausbau sichtbar heterogener als im Ist-Zustand.

In der Anlage A.10b sind die berechneten Wasserspiegellagen bei HQ_{100} in einem Wasserspiegel- und Sohllängsschnitt im Ist- und im Plan-Zustand gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die Wasserspiegellagen im Plan-Zustand etwa von Station 550 m bis Station 320 m niedriger als im Ist-Zustand ausfallen und von Station 320 m bis Station 230 m im Plan-Zustand etwas größere Wasserspiegellagen (ca. 15 cm) als im Ist-Zustand auftreten.

Oberhalb und unterhalb dieser Abschnitte sind die Wasserspiegellagen bei Ist- und Plan-Zustand identisch. Der Grund für die WSP-Absenkung liegt in der Vorhaltung eines deutlich größeren Fließquerschnitts im Plan-Zustand. Im unteren Bereich zeigt sich die erhöhte Gewässerrauheit durch die eingebrachten Strukturelemente in Kombination mit einer geringeren Gewässerbreite im Vergleich zum oberen Abschnitt

Der Bereich der WSP-Anhebung liegt außerhalb des kritischen Ausbordungsbereich und führt somit nicht zu einer nachteiligen Veränderung des Wasserstands.

In der Anlage A.11 sind die max. auftretenden Sohlschubspannungen im Bereich der Ermsverlegung dargestellt. Die Anlage zeigt die flächenhafte Verteilung der Sohlschubspannungsverteilung in Form von Farbflächendarstellungen. Erwartungsgemäß treten im Flussschlauch die größten Sohlschubspannungen auf. Im Bereich des naturnahen Gewässerausbaus treten heterogenere Schubspannungsverteilungen auf. Die größten Sohlschubspannungen werden oberhalb der neu geplanten Brücke „Stuttgarter Straße“ ausgewiesen.

In der Anlage A.12 sind die berechneten tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten auch in Form von Farbflächendarstellungen ausgewiesen. Oberhalb und unterhalb des Verlegungsbereichs der Erms treten vergleichsweise größere Fließgeschwindigkeiten auf. Im Planungsbereich treten niedrigere Fließgeschwindigkeiten auf Grund der vorgesehenen größeren Gerinnebreite auf.

4.2.2 MQ, MNQ

In der Anlage A.14 sind die Wassertiefen und die Flächenausbreitung bei MQ dargestellt. Bei MQ treten erwartungsgemäß keine Ausbordungen auf. Die Wassertiefenverteilung ist im Verlegungsbereich der Erms auf Grund des naturnahen Gewässerausbaus heterogener als außerhalb des Maßnahmenbereichs.

In der Anlage A.15 und A.16 sind die Sohlschubspannungen und Fließgeschwindigkeiten bei MQ flächenhaft dargestellt. Auch hier treten die vergleichsweise größten Sohlschubspannungen und Fließgeschwindigkeiten oberhalb der neu geplanten Brücke „Stuttgarter Straße“ auf.

Die Auswertungen dienen der Gewässerplanung bzw. dem Landschaftsarchitekten zur Optimierung der Strukturmaßnahmen und der einzubauenden ingenieurbiologischen Ufersicherungen.

Entsprechende Auswertungen wurden auch für den Fließzustand MNQ durchgeführt. Flächenhafte Darstellungen der Wassertiefen, maximalen Sohlschubspannungen und maximalen Fließgeschwindigkeiten sind in den Anlagen A.17, A.18 und A.19 dargestellt.

Bei MNQ treten erwartungsgemäß grundsätzlich bei niedrigeren Wasserspiegellagen/Wassertiefen auch kleinere Fließgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen auf.

4.2.3 Retentionsvolumen

Bei gewässerbaulichen Planungen ist grundsätzlich immer die Hochwasserneutralität nachzuweisen.

Im Kap. 4.2.1 wurde erörtert, dass durch die Baumaßnahme keine nachteiligen Wasserspiegellagen und Flächenausbreitungen bei Hochwasser auftreten. Neben den auftretenden Wasserständen muss auch gezeigt werden, dass keine Nachteile für die Unterlieger infolge verloren gehenden Retentionsvolumens infolge der Baumaßnahme auftreten kann.

Die berechneten Wassertiefen bei HQ_{100} im Ist- und Plan-Zustand wurden mittels einer GIS-Analyse ausgewertet, wodurch die Retentionsvolumina berechnet werden konnten.

In der Anlage A.13 ist der Analysebereich für die Ermittlung des Retentionsvolumens dargestellt. Es zeigt sich, dass im Plan-Zustand (Planvariante 2 = Vorzugsvariante) innerhalb des Analysebereichs ein Retentionsvolumen von 8423 m³ vorliegt, während im Ist-Zustand nur 7870 m³ erreicht werden. Somit wird nach Umsetzung der Maßnahme ein Retentionsvolumen von 553 m³ gewonnen. Es entsteht also durch die Baumaßnahme kein Retentionsvolumenverlust.

Der Grund für den Retentionsvolumengewinn liegt in der Planung eines breiteren Gewässerbetts. Die Gewässerbreite bei HQ_{100} Ist-Zustand beträgt etwa 7 m und vergrößert sich im Plan-Zustand auf 10 m. Hierdurch kann zusätzliches Retentionsvolumen geschaffen werden.

Zusammenfassung

Die Stadt Bad Urach plant im Auftrag des Regierungspräsidiums Tübingen den Umbau von zwei Knotenpunkten der B28 in der Ortsdurchfahrt. Für den Knotenpunkt "Hochhaus" an der Einmündung Stuttgarter Straße muss die Erms auf einem Teilstück verlegt werden. Der geplante naturnahe Gewässerumbau wurde hydraulisch mit einer 2D-HN-Modellierung untersucht.

Die verwendete Software Hydro_AS-2D ist in Baden-Württemberg bei der Berechnung von Hochwassergefahrenkarten fest vorgeschrieben und stellt somit den Standard für hydraulische Nachweise von gewässerbaulichen Maßnahmen dar.

Hydraulische Berechnungen bei Hochwasser wurden durchgeführt bei HQ_{100} für den Ist- und Plan-Zustand.

Die Modellergebnisse wurden durch Vergleich mit den Ergebnissen der HWGK plausibiliert.

Durch Vergleich des Ist- mit dem Plan-Zustand bei HQ_{100} konnte der Nachweis der Hochwasserneutralität erbracht werden.

Als Grundlage für die Planung wurden weitere Abflusszustände bei MQ und MNQ berechnet. Im Plan-Zustand wurden für alle berechneten Szenarien (HQ_{100}, MQ, MNQ) Auswertungen der Wassertiefen, Sohlschubspannungen und Fließgeschwindigkeiten durchgeführt und in Form von Farbflächendarstellungen grafisch aufbereitet. Die Auswertungen dienen der Gewässerplanung als Grundlage zur Optimierung der Maßnahme.

WALD + CORBE Consulting GmbH

Dr. Gregor Kühn

i. A. Dr. Tim Fischer-Antze

Quellenverzeichnis

[1]	Bietergemeinschaft DonauConsult/LIKWID, Hydraulische Berechnung an Fließgewässern zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten 2007-1, TBG 412
[2]	RP Tübingen, Rohterrain Erms (aus Laserscanbeflieung März 2017, Los 7-1, 8 Punkte/m²), digital bereitgestellt am 05.12.2022
[3]	RP Tübingen, HWGK-Gewässervermessung, GPRO Standard, Vermessungsdatum: Juni/Juli 2022, digital bereitgestellt am 07.12.2022
[4]	RP Tübingen, DTK-, DOP-, ALKIS-Daten, digital bereitgestellt am 01.12.2022/06.12.2022
[5]	RP Tübingen, LUBW Abflusswerte HQ_{100},MQ, MNQ aus Regionalisierung, Abflusskennwerte Baden-Württemberg, digital bereitgestellt am 06.12.2022
[6]	Fairnetz Reutlingen, Daten Wehr Diegele, digital bereit gestellt am 06.12.2022
[7]	IB Germey, Digitales Geländemodell und Planunterlagen Verlegung Erms und Neubau Knoten „Hochhaus“, Tübingen 23.11.2022, Aktualisierung 01.06.2023
[8]	Stowasserplan, Landschaftsarchitekt, Lageplan Ermsverleung, Empfehlung anzusetzender kst-Werte (Richtwerte), Radebeul 04.05.2023