Gemeinde Sigmaringendorf

Nutzen-Kosten-Untersuchung zum geplanten Hochwasserschutz am Hüttenbergweg in Sigmaringendorf

02. April 2020

Bericht

Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH
Dipl.-Ing. E. Winkler • Dr.-Ing. N. Winkler • Dipl.-Ing. R. Koch • Dr.-Ing. W. Rauscher

Schloßstraße 59 A • 70176 Stuttgart
Telefon 0711-66987-0 • Telefax 0711-66987-20
E-Mail: info@iwp-online.de • Web: www.iwp-online.de

Inhaltsverzeichnis

1. Problemstellung und Auftragsabgrenzung 1

2. Ermitteln und Festlegung der Ziele 1

3. Abstecken des Untersuchungsrahmens 1

4. Bestandsaufnahmen 1
4.1 Ermittlung der Überflutungsflächen für die unterschiedlichen Jährlichkeiten 2
4.1.1 Aufstellen eines vereinfachten hydrologischen Modells 2
4.1.2 Ergebnisse des hydrologischen Modells 5
4.1.3 Hydraulische Berechnung 7

5. Entwickeln von Lösungsmöglichkeiten 12

6. Status-quo-Prognose 13

7. Wirkungsprognosen 13
7.1 Quantitative Wirkungsermittlung 13
7.1.1 Hochwasserschutzwirkungen 13
7.1.2 HWSPAS-basierte Ergebnisse 13
7.2 Umweltwirkungen 14

8. Bewerten der Maßnahmenwirkungen 15
8.1 Monetäre Nutzen der Hochwasserschutzmaßnahmen 15
8.2 Kosten der Hochwasserschutzmaßnahmen 16
8.3 Empfindlichkeitsprüfungen von Nutzen, Kosten und Nutzen-Kosten-Relation 17
8.4 Sozioökonomische Zuschlagsfaktoren 17
8.5 Gesamtbewertung 17
8.6 Beurteilung der Tauglichkeit und der Optimierungsmöglichkeiten 18

9. Gesamtbeurteilung 18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittlere Abflussbeiwerte aus dem RoGeR-Modell [8] 4
Tabelle 2: Parameter für das Landeinzugsgebiet 5
Tabelle 3: Berechnete Spitzenabflüsse für die unterschiedlichen Jährlichkeiten 7
Tabelle 4: Verwendete Rauheitswerte 9
Tabelle 5: Verwendete Ganglinien der unterschiedlichen Jährlichkeiten 11
Tabelle 6: Nutzen-Kosten-Verhältnis 18

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einzugsgebiet für den geplanten Standort des Rückhalteraums am Hüttenbergweg 2
Abbildung 2: Übersichtsplan der im Modell berücksichtigten Landnutzung 3
Abbildung 3: Berechnete Abflussganglinie für den geplanten Rückhalt am Hüttenberg beim HQ_{100} 6
Abbildung 4: Übersicht Modellgebiet für die hydraulische Berechnung 8
Abbildung 5: Angesetzte Rauheitswerte im Modell 10
Abbildung 6: Berechnete Überflutungsflächen der verschiedenen Jährlichkeiten 12

Anlagen

Anlage 1 Verwendete Unterlagen
Anlage 2 Ermittlung der Gebäudeschäden
Anlage 3 Ermittlung des Projektnutzenbarwerts
Anlage 4 Ermittlung des Projektkostenbarwerts

Pläne

Plan 001 Übersichtslageplan, M 1 : 1.000

1. Problemstellung und Auftragsabgrenzung

Im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Untersuchung soll für die geplante Hochwasserschutzmaßnahme am Hüttenbergweg in Sigmaringendorf das Nutzen-Kosten-Verhältnis ermittelt werden und die Wirtschaftlichkeit der Hochwasserschutzmaßnahme überprüft werden.

Die Nutzen-Kosten-Untersuchung erfolgt auf Grundlage der Arbeitshilfe zur Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Baden-Württemberg (Version 1.0 vom 22.01.2019). Es werden die hochwasserbedingten Schäden, die während der Nutzungsdauer der Hochwasserschutzmaßnahmen vermieden werden (Projektnutzenbarwert) mit den Kosten für den Hochwasserschutz (Projektkostenbarwert) verglichen.

Am 27.05.2019 beauftragte die Gemeinde Sigmaringendorf das Ingenieurbüro Winkler und Partner, auf Grundlage des Angebots vom 23.04.2019, mit der Durchführung einer Nutzen-Kosten-Untersuchung.

2. Ermitteln und Festlegung der Ziele

Beim Hochwasserereignis am 29. Mai 2016 kam es zu großflächigen Überflutungen durch Hangwasserzuflüsse. Zur Minimierung der Hochwassergefährdung für den Bereich des Hüttenbergwegs plant die Gemeinde Sigmaringendorf den Bau eines Rückhalteraums. Der Rückhalteraum soll für ein hundertjährliches Hochwasserereignis ausgelegt werden.

3. Abstecken des Untersuchungsrahmens

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Hochwassergefährdung durch Starkregenereignisse im Bereich des Hüttenbergwegs in Sigmaringendorf.

4. Bestandsaufnahmen

Die bestehende Hochwassergefährdung für den Bereich am Hüttenbergweg in Sigmaringendorf ist in der Starkregengefahrenkarte [5] dargestellt.

Gemäß der Arbeitshilfe zur Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen [2] sind die Schäden bei Hochwasserereignissen unterschiedlicher Jährlichkeit (HQ_{10}, HQ_{50}, HQ_{100} und HQ_{Extrem}) zu ermitteln. Diese liegen durch die Bearbeitung des kommunalen Starkregenrisikomanagements nicht vor. Daher werden diese mithilfe eines vereinfachten hydrologischen Modells und dem hydraulischen Modell aus dem kommunalen Starkregenrisikomanagement ermittelt, jedoch ohne eine Abgrenzung von Überschwemmungsgebieten analog der Hochwassergefahrenkarte zu erzeugen.

4.1 Ermittlung der Überflutungsflächen für die unterschiedlichen Jährlichkeiten

4.1.1 Aufstellen eines vereinfachten hydrologischen Modells

Für die Ermittlung der Überflutungsflächen unterschiedlicher Jährlichkeiten wurde ein vereinfachtes hydrologisches Modell (1-Punkt-Modell) aufgestellt.

Modellbeschreibung und Software

Die Ermittlung der Abflüsse unterschiedlicher Jährlichkeiten erfolgte mit dem IWG-Softwarepaket zur Hochwasseranalyse und -berechnung, Version 7.0 (ehemals IHW-Softwarepaket zur Hochwasseranalyse und -berechnung). Im Rahmen der Modellerstellung kam zudem das Programm ArcGIS, Version 10.5, von der Esri Deutschland GmbH zum Einsatz.

Einzugsgebiet

Die Abgrenzung des Einzugsgebiets erfolgte anhand des geplanten Standortes des Rückhalteraums (s. Abbildung 1). Es ergibt sich ein Einzugsgebiet mit einer Größe von 0,43 km².

Abbildung 1: Einzugsgebiet für den geplanten Standort des Rückhalteraums am Hüttenbergweg

Modellierung der Gebietsniederschläge

Die Bemessungsniederschläge basieren auf den Niederschlagshöhen aus KOSTRA-DWD-2010R [6].

Das Einzugsgebiet für den Rückhalt am Hüttenbergweg wird durch die KOSTRA-Zellen 28-93 abgedeckt. Für das hydrologische Modell wurde der Klassenmittelwert (Klassenfaktor 0,5) herangezogen.

Es wurden Bemessungsabflüsse basierend auf 12 Niederschlagsdauern (D =15 min, 30 min, 1, 2, 4, 6, 9, 12, 18, 24, 48 und 72 Stunden) für die Jährlichkeiten T=10, T=50, T=100 und T=Extrem berechnet.

Abflussbildung und -konzentration

Da der geplante Standort für den Rückhalt außerhalb der Ortslage Sigmaringendorf liegt, beschränkt sich die Untersuchung auf das ländliche Einzugsgebiet. Für die Ermittlung des Abflussbeiwertes ψ und für die Bestimmung der Einheitsganglinie wurde der Regionalisierungsansatz nach Lutz verwendet. Dabei wird für das Einzugsgebiet in Abhängigkeit des Bodentyps und der Landnutzung ein Endabflussbeiwert *c* bestimmt. Im Einzugsgebiet des geplanten Rückhalts kommen hauptsächlich Parabraunerden vor. Diese weisen eine mittlere bis geringe Wasserdurchlässigkeit auf und neigen eher zu Oberflächen- und Zwischenabfluss. Daher wurde im hydrologischen Modell der Bodentyp C nach Lutz implementiert. Die im Modell berücksichtigte Landnutzung ist in Abbildung 2 dargestellt.

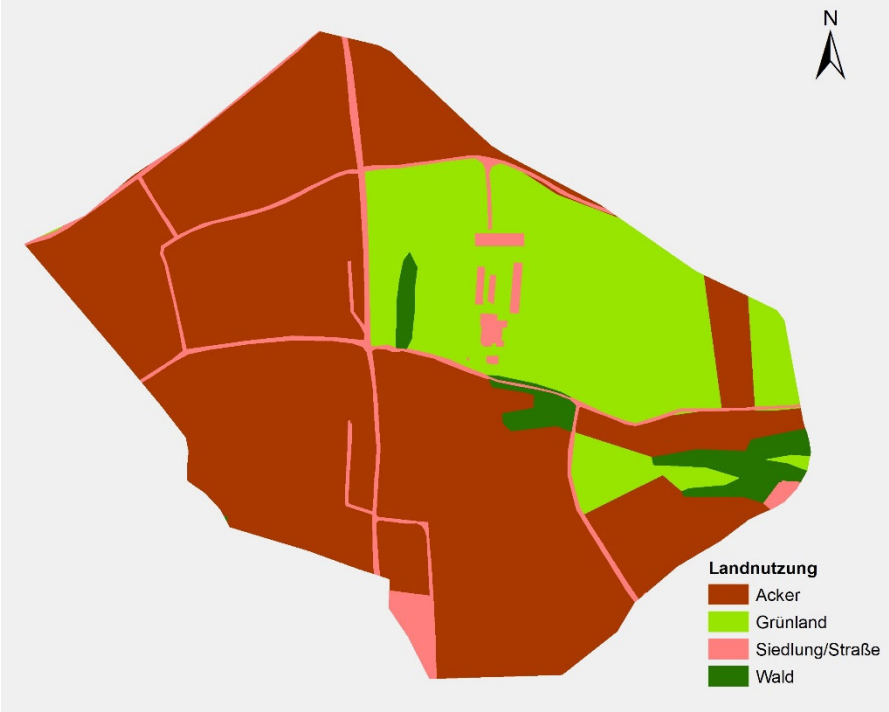


Abbildung 2: Übersichtsplan der im Modell berücksichtigten Landnutzung

Der Endabflussbeiwert *c* bildet den oberen Grenzwert des Abflussbeiwerts, der bei sehr hohen Niederschlägen zu erwarten ist. Über eine flächengewichtete Mittelung wird der Endabflussbeiwert *c* und der Anfangsverlust A_v für das Einzugsgebiet bestimmt. Bei der Ermittlung des Abflussbeiwerts wird der Endabflussbeiwert *c* über ereignisspezifische Parameter wie Höhe des Niederschlags, Jahreszeit und Vorbodenfeuchte vor dem Ereignis modifiziert und mittels der gebietsabhängigen Parameter C_1 bis C_4 angepasst.

Beim Vergleich der Abflüsse und erforderlichen Rückhalteräume ergaben sich für die unterschiedlichen Berechnungsansätze große Unterschiede. Eine hydrologische Berechnung mit dem IHW-Paket unter Verwendung der Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes (KOSTRA-DWD-2010R) und Standardparameter (C_1-Wert von 0,02) zeigt im Vergleich zu den Berechnungen mit dem Modell aus der Starkregengefahrenkarte deutlich niedrigere Abflussspitzen und -volumina (s. Kapitel 4.1.2). Durch eine Erhöhung des Parameters C_1 von 0,02 auf 0,05 ergeben sich ähnliche Ergebnisse wie bei der Simulation des seltenen Szenarios.

Zum Vergleich der Ergebnisse wurden vom RP Tübingen die bei der Erstellung der Oberflächenabflusskennwerte zugrunde gelegten mittleren Abflussbeiwerte des RoGeR-Modells der Universität Freiburg zur Verfügung gestellt [1] (s. Tabelle 1). Bei der Besprechung am 18.10.2019 wurde mit den zuständigen Akteuren abgestimmt, den Parameter C_1 auf 0,05 festzulegen und die Jährlichkeiten zu berechnen.

Tabelle 1: Mittlere Abflussbeiwerte aus dem RoGeR-Modell [1]

Szenario	mittlerer Abflussbeiwert [-]
Selten, unverschlämmt	0,51
Selten, verschlämmt	0,59
Außergewöhnlich, unverschlämmt	0,63
Außergewöhnlich, verschlämmt	0,69
Extrem, verschlämmt	0,83

Die Basisabflussspende q_{bas} als Maß für die Vorbodenfeuchte wurde bei der Modellanpassung aus dem Abfluss vor dem Ereignisbeginn abgeschätzt.

Die Einheitsganglinie wird über die Anstiegszeit t_A und den Scheitelwert u_{max} beschrieben. Neben dem Bebauungsanteil *u* und dem Waldanteil *w* bestimmen Länge und gewogenes Gefälle des Vorfluters die Anstiegszeit bei dem Regionalisierungsverfahren nach Lutz. Über den Gebietsfaktor P_1 kann die Anstiegszeit t_A an gemessene Niederschlags-Abfluss-Ereignisse angepasst werden. Als Gebietsfaktor P_1 wurde der von Lutz ermittelte Wert für die Schmiecha angesetzt.

Die erforderlichen Gebietskennwerte wurden mit den in der Anlage 1 aufgeführten Geobasisdaten ermittelt.

Die Parameter des ländlichen Einzugsgebiets sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 2: Parameter für das Landeinzugsgebiet

Bebauungsanteil bzw. Straßen [%]	ca. 5,4
Waldanteil [%]	ca. 1,5
Gebietsfaktor P_1	0,172
c [-]	0,77
A_v [mm]	2,10
c_1 [-]	0,05
c_2 [-]	3,0
c_3 [-]	2,0
c_4 [-]	0,0

4.1.2 Ergebnisse des hydrologischen Modells

Bei der Berechnung der synthetischen Abflussganglinien wurde eine mittlere Basisabflussspende von 10,0 l/(s*km²) als Maß für die Vorbodenfeuchte zugrunde gelegt. Die Modellierung der zeitlichen Verteilung des Abflussbeiwertes erfolgte nach Lutz.

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt die 100-jährliche Abflussganglinie für das Einzugsgebiet des geplanten Rückhalts am Hüttenbergweg. Für die hydraulische Berechnung wurden die jeweiligen Ergebnisse für die Dauerstufe T = 1h herangezogen.

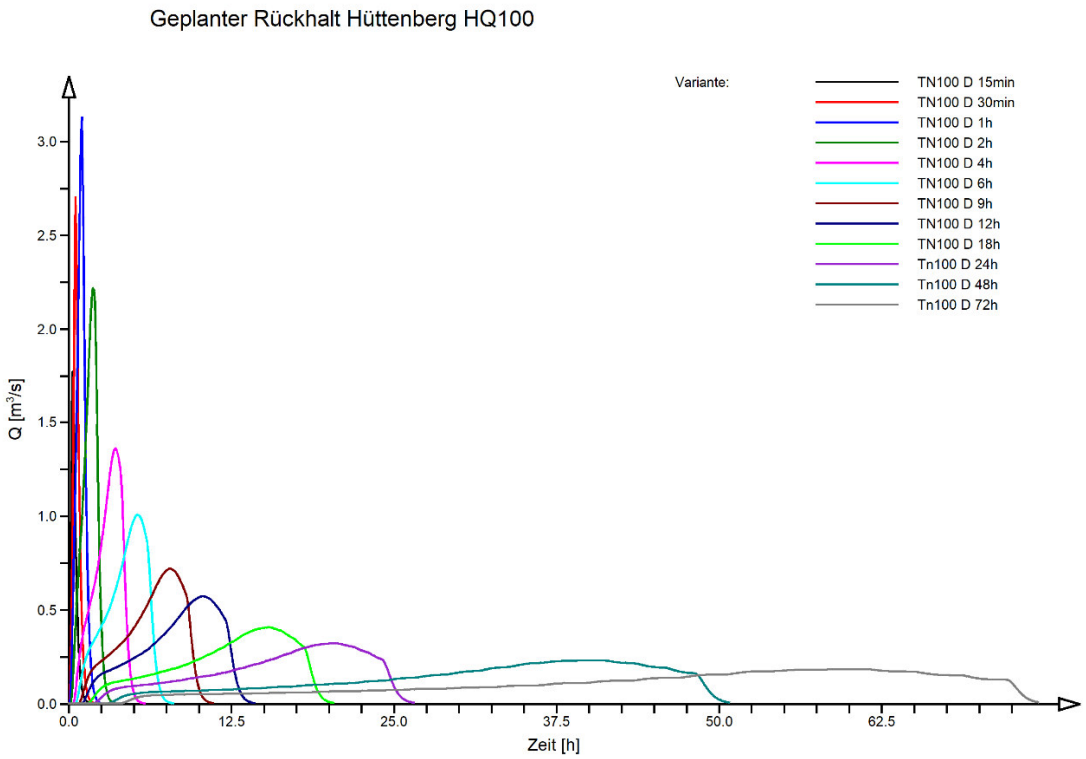


Abbildung 3: Berechnete Abflussganglinie für den geplanten Rückhalt am Hüttenbergweg beim HQ_{100}

Die Ergebnisse des hydrologischen Modells auf Basis der Niederschläge aus KOSTRA-DWD-2010R wurden mit den Ergebnissen des Starkregenrisikomanagements Sigmaringendorf verglichen, welche auf Basis der Oberflächenabflusskennwerte mit dem Programm FloodArea modelliert wurden. Mit C_1 = 0,05 ergeben sich ähnliche Ergebnisse wie beim seltenen Szenario des Starkregenrisikomanagements unter Berücksichtigung des Dünnfilmabflusses.

Es wurde abgestimmt, den geplanten Rückhalt am Hüttenbergweg so groß zu realisieren, wie technisch und wirtschaftlich möglich und sinnvoll. Die Gemeinde Sigmaringendorf gibt ein mögliches Rückhaltevolumen mit ca. 5.000 m³ an. Dies entspricht ca. dem Volumen bei einem seltenen Starkregenereignis. Da beim seltenen Szenario eine hohe Vorbodenfeuchte und verschlämmter Boden angesetzt wird, wurde für die weitere Untersuchung vereinbart, dass vereinfacht davon ausgegangen werden kann, dass die berechnete Abflussspitze beim seltenen Szenario aufgrund der ungünstigen Bodenbedingungen eine statistische Wiederkehrzeit von rund 100 Jahren aufweist. Daraus ergibt sich für die weitere Berechnung ein Standardparameter C_1 = 0,05. Hiermit ergeben sich für die Jährlichkeiten T = 10, T = 50, T = 100 und T = Extrem die Spitzenabflusswerte in Tabelle 3.

.

Tabelle 3: Berechnete Spitzenabflüsse für die unterschiedlichen Jährlichkeiten

Jährlichkeit	TN10	TN50	TN100	TNExtrem
Spitzenabfluss [m³/s]	1,5	2,6	3,1	5,9

4.1.3 Hydraulische Berechnung

Modellbeschreibung und Software

Für die Simulation der Überflutungsflächen für die Nutzen-Kosten-Untersuchung wird die ArcGIS-Erweiterung FloodArea^{HPC}-Desktop, Version 10.3.0.734 der geomer GmbH und der Ruiz Rodriguez + Zeisler + Blank Gbr verwendet. Zur Anwendung von FloodArea wird ArcMap 10.5 von ESRI genutzt. FloodArea ist ein vereinfachtes, zweidimensionales hydraulisches Modell. Die Eingangsdaten für die Simulation der Überflutungsflächen mit FloodArea wurden aus dem hydraulischen Modell des Starkregenrisikomanagements Sigmaringendorf [5] übernommen und sind die folgenden:

- Geländemodell
- Rauhigkeitsbeiwerte (k_{St} in $m^{1/3}/s$)
- ASCII-Datei zur Umrechnung der Oberflächenabflusskennwerte und ggf. der Leistungsfähigkeit von Verdolungen (Gangliniendatei)
- ASCII-Datei mit den Koordinaten von Verdolungen (Koordinatendatei)

Modellgebiet und Eingangsdaten

Das Modellgebiet für die hydraulischen Berechnungen wurde anhand der aus dem Starkregenrisikomanagement bekannten Fließwege in der Ortslage Sigmaringendorf abgegrenzt. Für die Simulation wird nur der aus dem Einzugsgebiet des geplanten Rückhalteraums kommende Abfluss bei der Berechnung angesetzt. Die Abflüsse aus dem Zwischeneinzugsgebiet werden nicht angesetzt. Damit werden ausschließlich die Überflutungsflächen in der Ortslage ermittelt, die durch den Bau des geplanten Rückhalteraums geschützt werden. Eine Übersicht über das Modellgebiet enthält die nachfolgende Abbildung. Die Verdolung am Tobel im Hüttenbergweg wurde gemäß den Angaben der Kovacic Ingenieure GbR mit 0,6 m³/s angesetzt. Das Geländemodell sowie die Rauheitswerte wurden aus dem hydraulischen Modell des Starkregenrisikomanagements Sigmaringendorf [5] übernommen.

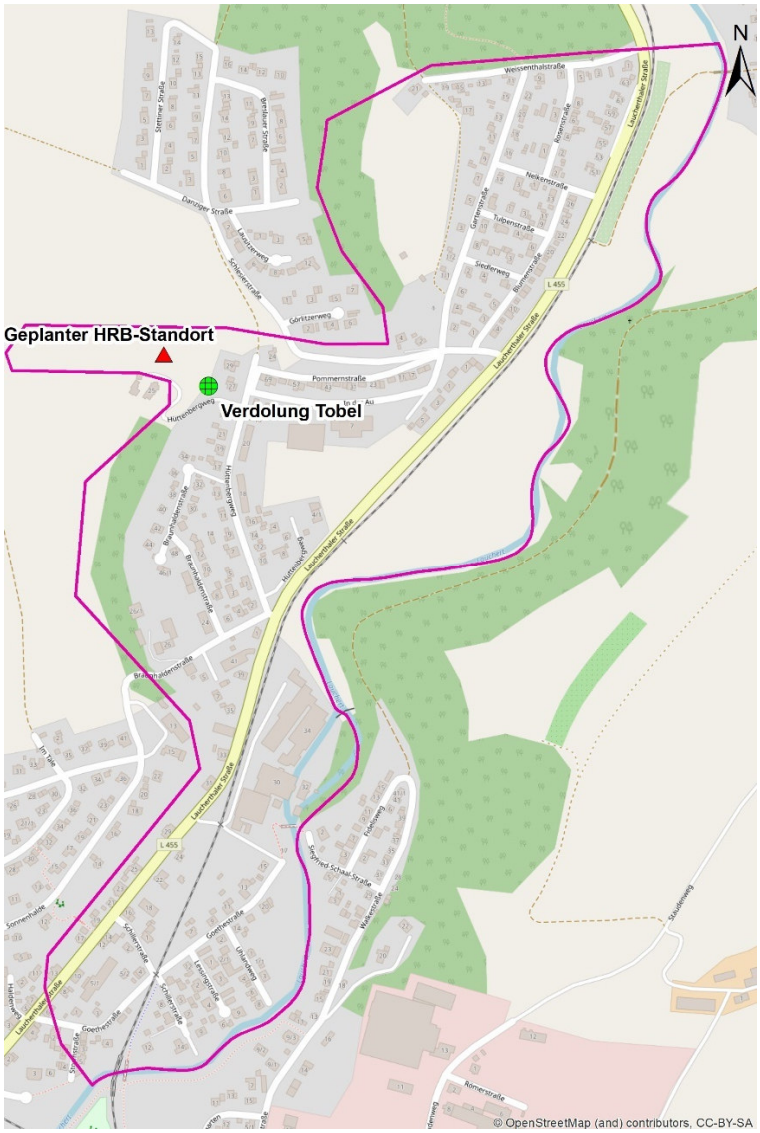


Abbildung 4: Übersicht Modellgebiet für die hydraulische Berechnung

Im Modell wurden die in nachfolgender Tabellen und der nachfolgenden Abbildung dargestellten Rauheitswerte aus dem Starkregenrisikomanagement Sigmaringendorf angesetzt [5].

Tabelle 4: Verwendete Rauheitswerte

Klasse	**Rauhigkeit k_{St} [$m^{1/3}/s$]**
Wald (Laub-, Nadelholz), Gehölz	10
Ackerland	14
Grünland, Friedhof, Industrie- und Gewerbefläche, Wohnbaufläche, Gartenland, Streuobstwiese, Weingarten, Gebäude- und Freifläche Erholung, Schwimmbad/Freibad, Öffentliche Zwecke, Bahnverkehr	20
Fließgewässer	25
Landwirtschaftliche Wege (Kies, Schotter)	35
Straßen	45
Dachflächen	55

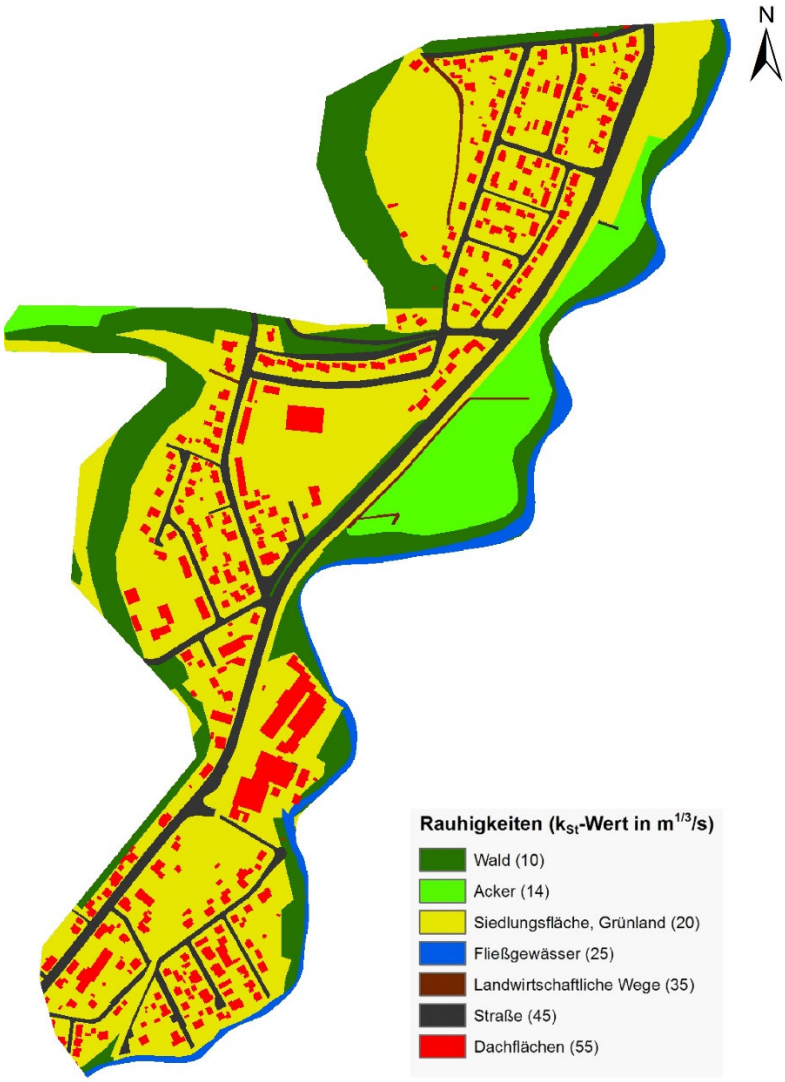


Abbildung 5: Angesetzte Rauheitswerte im Modell

Instationäre hydraulische Berechnung

Aufgrund der Topographie der Ortslage Sigmaringendorf wurden die hydraulischen Berechnungen instationär durchgeführt. Hierfür wurden aus dem hydrologischen Modell Ganglinien erzeugt. Die Simulationszeit beträgt für alle Jährlichkeiten 4 Stunden, um einen ausreichenden Nachlauf zu gewährleisten. Im Gegensatz zum Starkregenrisikomanagement wird hier keine flächige Beregnung angesetzt.

Tabelle 5: Verwendete Ganglinien der unterschiedlichen Jährlichkeiten

Zeitschritt [h]	Abfluss [m³/s]			
	TN10	TN50	TN100	TNExtrem
0,00	0,004	0,004	0,004	0,004
0,08	0,004	0,004	0,004	0,056
0,17	0,040	0,112	0,145	0,344
0,25	0,155	0,306	0,377	0,763
0,33	0,296	0,528	0,638	1,221
0,42	0,442	0,758	0,907	1,699
0,50	0,587	0,992	1,183	2,195
0,58	0,749	1,255	1,493	2,756
0,67	0,933	1,557	1,849	3,404
0,75	1,142	1,903	2,260	4,155
0,83	1,353	2,260	2,685	4,946
0,92	1,501	2,525	3,009	5,576
1,00	1,536	2,616	3,129	5,855
1,08	1,265	2,234	2,701	5,196
1,17	0,938	1,706	2,084	4,115
1,25	0,663	1,238	1,525	3,082
1,33	0,456	0,871	1,081	2,231
1,42	0,308	0,600	0,751	1,579
1,50	0,206	0,408	0,513	1,100
1,58	0,137	0,275	0,348	0,757
1,67	0,091	0,184	0,233	0,516
1,75	0,060	0,122	0,156	0,349
1,83	0,040	0,081	0,104	0,234
1,92	0,027	0,054	0,069	0,157
2,00	0,018	0,036	0,046	0,104
2,08	0,012	0,024	0,030	0,069
2,17	0,009	0,016	0,020	0,045
2,25	0,006	0,011	0,013	0,030
2,33	0,005	0,007	0,008	0,019
2,42	0,004	0,005	0,006	0,011
2,50	0,000	0,004	0,004	0,007
2,58	0,000	0,004	0,004	0,004
2,67	0,000	0,000	0,000	0,004

Ergebnisse der hydraulischen Berechnung

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung enthalten die Überflutungstiefen und -flächen in der Ortslage, die durch den geplanten Rückhalt am Hüt-

tenbergweg geschützt werden. Abbildung 6 zeigt die Überflutungsflächen der berechneten Jährlichkeiten HQ_{10}, HQ_{50}, HQ_{100} und HQ_{Extrem}.

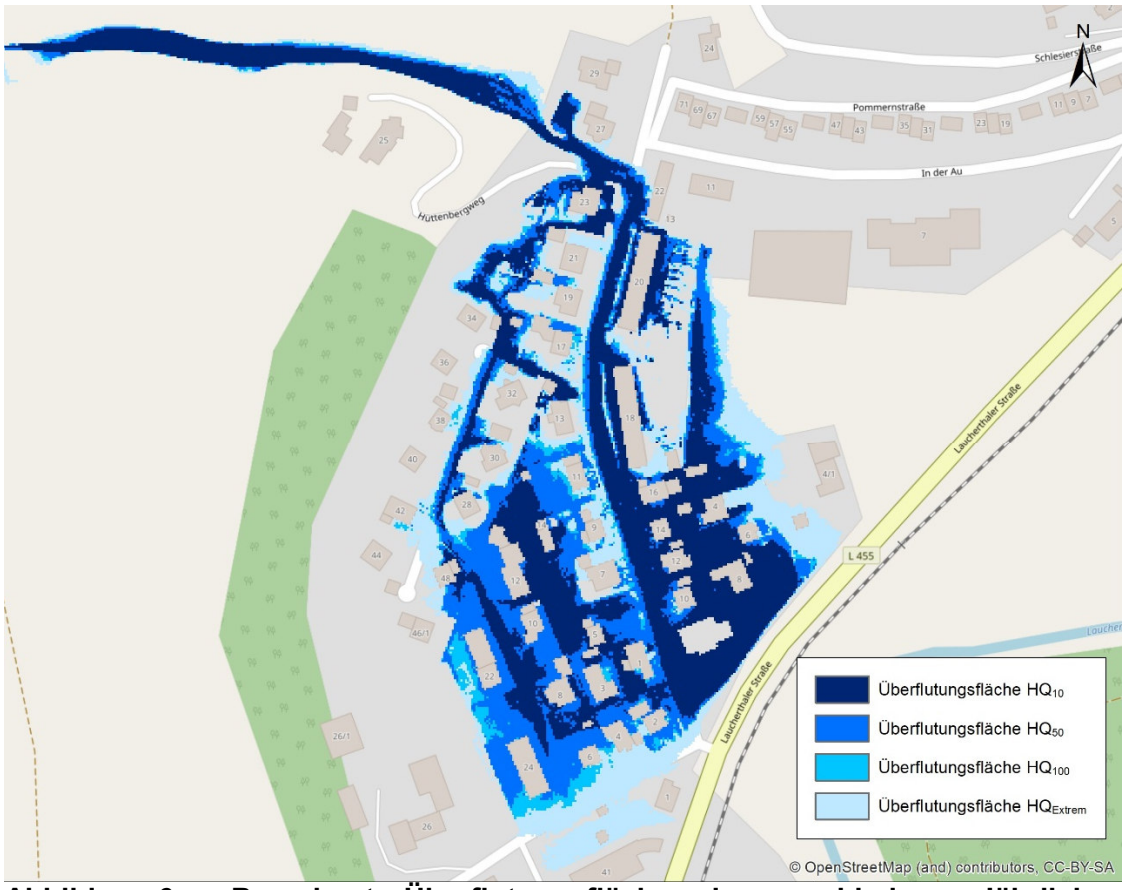


Abbildung 6: Berechnete Überflutungsflächen der verschiedenen Jährlichkeiten

5. Entwickeln von Lösungsmöglichkeiten

Vom Büro Kovacic Ingenieure, Sigmaringen, wurden verschiedene Varianten zum Hochwasserschutz untersucht. Als wirtschaftlichste Variante wurde der Bau eines Hochwasserrückhaltebeckens mit einem Schutzgrad von HQ_{100} ermittelt.

6. Status-quo-Prognose

Im gesamten Untersuchungsbereich kommt es bei den untersuchten Hochwasserabflüssen zur folgenden Anzahl an betroffenen Gebäuden:

Gesamtgebiet:

HQ_{10}	32
HQ_{50}	58
HQ_{100}	63
HQ_{Extrem}	83

Beim HQ_{100} sind keine empfindlichen Objekte (z.B. Altenheime, Kindergärten) betroffen.

7. Wirkungsprognosen

7.1 Quantitative Wirkungsermittlung

7.1.1 Hochwasserschutzwirkungen

Im Zuge der vorliegenden Untersuchung wurde vereinfacht davon ausgegangen, dass die Gebäude bis zum HQ_{100} geschützt werden. Die Wirkung bei Hochwasserereignissen über HQ_{100} wird als vernachlässigbar klein angenommen.

7.1.2 HWSPAS-basierte Ergebnisse

Schadensbeginn

Als Schadensbeginn wurde das HQ_{10} angesetzt. Es wurde davon ausgegangen, dass bei kleineren Hochwasserereignissen Schäden durch die Bewohner oder die Einsatzkräfte weitgehend verhindert werden können.

Ermittlung der betroffenen Gebäude und der Einstauhöhen

Für die Ermittlung der betroffenen Gebäude und der Einstauhöhen werden die Flächenausbreitung und die Überflutungstiefen bei HQ_{10}, HQ_{50}, HQ_{100} und HQ_{Extrem} zugrunde gelegt.

Es wurde die folgende Vorgehensweise gewählt:

- Auswahl der jeweiligen Gebäude, die sich innerhalb der Überflutungsflächen (bei den untersuchten Jährlichkeiten) befinden und durch das geplante Hochwasserrückhaltebecken geschützt werden. Eine Abgrenzung des Untersuchungsbereiches ist dem Plan 001 zu entnehmen.
- Bei der Ermittlung der Einstauhöhen wurde der mittlere Einstau innerhalb der Gebäudefläche angesetzt. Es werden nur Gebäude berücksichtigt, bei denen die betroffene Gebäudefläche größer als 5 m² und mindestens 5 % der gesamten Gebäudefläche betroffen ist.

Als Schadensfunktion wurden die zur Verfügung gestellten Werte aus HWSPAS (**H**och**W**asser**S**chadens**P**otential**A**nalyse**S**ystem) zugrunde gelegt. Bei dieser Schadensabschätzung wird der Wertverlust durch die Hochwassereinwirkung als Schaden bewertet. Die Zuordnung von Wertansätzen und Nutzungsarten erfolgt anhand der Gebäudenutzungsdaten aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster Informationssystem (ALKIS).

Der bei der Erstellung der HWSPAS-Daten verwendete ALKIS-Datenbestand stammt aus dem Jahr 2015. Ein Abgleich mit den aktuellen ALKIS-Daten zeigte, dass einige Gebäude neu erstellt oder verändert wurden. Für diese Gebäude wurde eine Aktualisierung des HWSPAS-Gebäudedatensatzes durchgeführt und die Schadenswerte für die fehlenden Gebäude ermittelt.

Ein Einmessen von Eingangsfußbodenhöhen wurde aufgrund der großen Anzahl an Gebäuden nicht durchgeführt.

Ermittlung der Gebäudeschäden nach HWSPAS

Die ermittelten Gebäudeschäden sind in der Anlage 2 aufgeführt. Die Ermittlung erfolgte für den Status quo und die geplante Hochwasserschutzmaßnahme.

Für die geplante Hochwasserschutzmaßnahme ergaben sich folgende Schadenswerte:

HQ_{10}	84 T. Euro
HQ_{50}	241 T. Euro
HQ_{100}	289 T. Euro
HQ_{Extrem}	596 T. Euro

7.2 Umweltwirkungen

Eine für die Nutzen-Kosten-Untersuchung relevante Umweltwirkung der geplanten Hochwasserschutzmaßnahme ist nicht zu erwarten.

8. Bewerten der Maßnahmenwirkungen

8.1 Monetäre Nutzen der Hochwasserschutzmaßnahmen

Die Schäden werden unter Berücksichtigung der jeweiligen Auftretenswahrscheinlichkeit in den sogenannten Erwartungswert der Schadensminderung umgerechnet. Dieser Erwartungswert entspricht dem durchschnittlichen jährlichen Schadenswert. Auf Grundlage des Erwartungswertes der Schadensminderung wird der Projektnutzenbarwert (PNBW) folgendermaßen errechnet:

$$PNBW = S_a \cdot DFAKR$$

Mit: S_a Erwartungswert der Schadensminderung, durchschnittl. jährlicher Schaden

$DFAKR$ **D**iskontierungs**FAK**tor für gleichförmige Kosten**R**eihen

Bei der Ermittlung des DFAKR wurde von einer Diskontierungsrate von 2,0 % und einer Nutzungsdauer der Hochwasserschutzmaßnahmen von 80 Jahren ausgegangen. Dieser beträgt damit 39,7445.

Die Ermittlung des Erwartungswerts der Schadensminderung und des Projektnutzenbarwerts erfolgt bis jenseits des HQ_{Extrem}. Es wurde davon ausgegangen, dass der Schadenswert für Ereignisse größer als HQ_{Extrem} dem Schadenswert für HQ_{Extrem} entspricht. Als Schadensbeginn wurde das HQ_{10} angesetzt.

Die Berechnung erfolgt jeweils für den Status quo ohne die geplante Hochwasserschutzmaßnahme und für den Planungszustand unter Berücksichtigung der Wirkung der geplanten Hochwasserschutzmaßnahme. Bei der Ermittlung der Schadenserwartung mit Hochwasserschutzmaßnahme wurde davon ausgegangen, dass der Schaden beim Überschreiten von HQ_{100} schlagartig wieder das volle Schadensausmaß analog zur Ermittlung des Schadens ohne die geplante Hochwasserschutzmaßnahme annimmt.

Der ermittelte Erwartungswert der Schadensminderung und der Projektnutzenbarwert sind in der Anlage 3 aufgeführt.

Für den Status quo (OHNE Hochwasserschutzmaßnahmen) und den Planungszustand (MIT Hochwasserschutzmaßnahmen) ergaben sich folgende Werte:

Schadenserwartung OHNE Hochwasserschutzmaßnahmen	20,2 T. Euro/a
Schadenserwartung MIT Hochwasserschutzmaßnahmen	4,6 T. Euro/a
Erwartungswert der Schadensminderung (gerundet)	16 T. Euro/a
DFAKR	39,7445
Projektnutzenbarwert (PNBW)	621 T. Euro

8.2 Kosten der Hochwasserschutzmaßnahmen

Die Baukosten für den geplanten Hochwasserrückhalteraum mit einem Schutzgrad HQ_{100} liegen derzeit noch nicht vor. Um einen ersten Anhaltspunkt zu erhalten, wurde ermittelt wie hoch die Baukosten liegen dürfen, um ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 1,0 (unter Berücksichtigung ggf. vorhandener schutzgutbezogener Zuschläge) zu erhalten.

Zur Berechnung des Projektkostenbarwertes (PKBW) werden neben den Herstellkosten die laufenden Kosten für die geplante Hochwasserschutzmaßnahme berücksichtigt. Es wurde von laufenden Kosten von 0,5 % der Baukosten pro Jahr ausgegangen.

Der Projektkostenbarwert wird folgendermaßen berechnet:

$$PKBW = K_I + K_a \cdot DFAKR$$

Mit: K_I Investitionskosten, Gesamtherstellungskosten

K_a laufende jährliche Kosten

$DFAKR$ **D**iskontierungs**FAK**tor für eine gleichförmige jährliche Zahlungs**R**eihe

Bei der Ermittlung des DFAKR wurde von einer Diskontierungsrate von 2,0 % und einer Nutzungsdauer der Hochwasserschutzmaßnahmen von 80 Jahren ausgegangen.

Die ermittelten Projektkostenbarwerte sind in der Anlage 4 aufgeführt.

Um ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 1,0 zu erzielen, ist unter Berücksichtigung der schutzgutbezogenen Zuschläge folgender maximaler Projektkostenbarwert zulässig:

Projektkostenbarwert (PKBW) 731 T. Euro

Dieser Projektnutzenbarwert ergibt sich bei Baukosten von 488.000 Euro (brutto).

8.3 Empfindlichkeitsprüfungen von Nutzen, Kosten und Nutzen-Kosten-Relation

Die Empfindlichkeitsprüfungen erfolgen nach Vorliegen der Baukosten.

8.4 Sozioökonomische Zuschlagsfaktoren

Die ermittelten Überflutungsschäden beinhalten materielle Vermögensschäden an den betroffenen Gebäuden. In den Überflutungsschäden nicht enthalten, sind unter anderem folgende Schäden und Verluste:

- Wertschöpfungsverluste
- Katastrophenschutzaufwendungen
- Ökonomische Schäden durch Verkehrsunterbrechungen
- Nutzungseinschränkungen von Infrastruktureinrichtungen der Ver- und Entsorgung
- Prosperitätsschäden
- Schäden an Kultur- und Umweltgütern

Eine Berücksichtigung dieser Schäden erfolgte anhand des Entwurfs zur Arbeitshilfe zur Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Baden-Württemberg. Folgende Zuschläge wurden bei der Betrachtung aller geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen berücksichtigt:

Zuschlag Z_M (Menschliche Gesundheit) mit 0,15
Begründung:
39 Gebäude sind beim HQ_{100} mit einer Überflutungstiefe von 0,5 bis 2 m betroffen.

Die Zuschläge Z_I (Infrastruktur), Z_K (Kulturgut), Z_U (Umwelt) und Z_{WRRL} (Verbesserung Defizite Durchgängigkeit und Struktur) betragen 0.

Insgesamt ist somit ein Zuschlag von 0,15 auf das berechnete Verhältnis zwischen Projektnutzenbarwert und Projektkostenbarwert ansetzbar.

8.5 Gesamtbewertung

Mit Hilfe von Projektnutzen- und Projektkostenbarwert (PNBW und PKBW) wurde das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) folgendermaßen ermittelt:

$$NKV = \frac{PNBW}{PKBW} + Schutzb.Zuschläge$$

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der durchgeführten Nutzen-Kosten-Untersuchung aufgeführt.

Tabelle 6: Nutzen-Kosten-Verhältnis

Bereich	PNBW [T. Euro]	PKBW [Mio. Euro]	PNBW/ PKBW	Schutzbe-zogene Zuschläge	NKV [-]
Gesamt	621	730	0,85	0,15	1,0

Liegen die Baukosten bei 488.000 Euro (brutto), ist ein ausgeglichenes Nutzen-Kosten-Verhältnis nachweisbar.

8.6 Beurteilung der Tauglichkeit und der Optimierungsmöglichkeiten

Hier wird auf die Objektplanung des Büros Kovacic Ingenieure verwiesen.

9. Gesamtbeurteilung

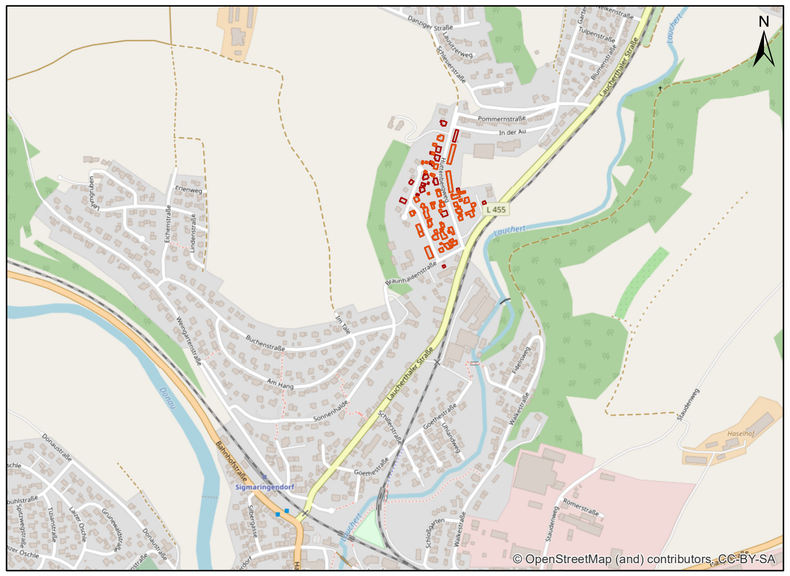
Eine Gesamtbeurteilung erfolgt nach Vorliegen der Baukosten.

aufgestellt:
Dipl.-Geogr. P. Horoba
Stuttgart, den 02.04.2020

gez. Dipl.-Ing. A. Binder

Verwendete Unterlagen

[1]	Mittlere Abflussbeiwerte aus dem RoGeR-Modell der Universität Freiburg, erhalten am 15.10.2019 vom RP Tübingen
[2]	Arbeitshilfe zur Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Baden-Württemberg, Version 1.0 vom 22.01.2019
[3]	Datenbestand HWSPAS auf Gemarkung Sigmaringendorf und Schadenswertzuordnung, erhalten am 21.10.2019 von RRZB GbR, Wiesbaden
[4]	Lageplan zum Hochwasserschutz Hüttenbergweg, Kovacic Ingenieure GmbH, Sigmaringen, Stand: Okt. 2019
[5]	Hydraulisches Modell aus dem kommunalen Starkregenrisikomanagement, Sigmaringendorf, Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH, Stuttgart, Stand: November 2018
[6]	Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung des DWD 2010 - Revision (KOSTRA-DWD-2010R), Deutscher Wetterdienst, Berlin, 2017



Legende

- Betroffene Gebäude bei HQ_{100} (mit Geb.-Nr./Nutzung)
- Betroffene Gebäude bei HQ_{Extrem} (mit Geb.-Nr./Nutzung)
- Überflutungsfläche HQ_{100}
- Überflutungsfläche HQ_{Extrem}
- ALKIS-Flurstücke
- ALKIS-Gebäude

Grundlagen:
- Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19
  Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS)
- © OpenStreetMap and contributors, Creative Commons-Share Alike License (CC-BY-SA), openstreetmap.org

Gemeinde Sigmaringendorf

Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH
Dipl.-Ing. Erhard Winkler - Dr.-Ing. Nina Winkler - Dipl.-Ing. Rüdiger Koch - Dr.-Ing. Wolfgang Rauscher
Schloßstr. 59 A - 70176 Stuttgart - Tel. 0711/66987-0 - Fax - /66987-20

	Name
Bearbeitet	P. Horoba
Geprüft	A. Binder

Höhensystem
DHHN12 (alle Höhen in müNN)

Koordinatensystem
Gauß-Krüger-Koordinaten

Maßstab
1 : 1 000

Nutzen-Kosten-Untersuchung zum geplanten Hochwasserschutz am Hüttenbergweg in Sigmaringendorf

Lageplan

Betroffene Gebäude beim HQ_{100} und HQ_{Extrem}

Projektnummer	Plannummer	Stand
1900/29	001	02.04.2020

I:\Projekte\akt\1900\29_NKU_Huettenbergweg\ArcView\Arbeitsprojekte\LP_NKU_Sigmaringendorf.mxd