

Hochwasserschutzmaßnahmen Hohentengen

Gutachten zu den hydrologischen und hydraulischen Nachweisen

für die

Entwurfs- und Genehmigungsplanungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes in der Gemeinde Hohentengen, erstellt von Gütthler Ingenieurteam GmbH aus Waldshut-Tiengen (2007):

**„Gemeinde Hohentengen – Hochwasserschutzmaßnahmen/Teil 1
– Flutmulde“ und
„Gemeinde Hohentengen – Hochwasserschutzmaßnahmen/Teil 2
– Gassergraben /**

Erstellt von:

**Prof. Dr.-Ing. Werner Lutz, HTWG Konstanz,
Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik,
Brauneggerstrasse 55
78462 Konstanz**

Inhaltsverzeichnis:

1. Veranlassung
2. Ermittlung der Hochwasserabflüsse
 - 2.1 Berechnungsgrundlagen
 - 2.2 Berechnungsergebnisse
3. Hydraulische Nachweise
 - 3.1 Berechnungsgrundlagen
 - 3.2 Berechnungsergebnisse
4. Literatur

5. Anlagen

- Anlage 1.1: Berechnungsgrundlagen für das Niederschlag-Abfluss-Modell für das Einzugsgebiet bis zum „Retentionsbecken Auslaufbereich Rhein Ost“**
- Anlage 1.2: Berechnungsgrundlagen für das Niederschlag-Abfluss-Modell für das Einzugsgebiet des „Mühlbachs bis zum Rhein“**
- Anlage 2.1: 100-jährliche Hochwasserabflüsse für das Einzugsgebiet bis zum „Retentionsbecken Auslaufbereich Rhein Ost“**
- Anlage 2.2: 100-jährliche Hochwasserabflüsse für das Einzugsgebiet des „Mühlbachs bis zum Rhein“**
- Anlage 3.1: Hydraulische Nachweise für den Bereich der „Flutmulde“ bis „Retentionsbecken Auslaufbereich Rhein Ost“**
- Anlage 3.2: Hydraulische Nachweise für den „Mühlbach im Bereich der Ortslage Hohentengen bis zum Rhein“**

1. Veranlassung

Zur Verbesserung des Hochwasserschutzes in der Gemeinde Hohentengen wurden vom GÜthler Ingenieurteam GmbH aus Waldshut-Tiengen in 2007 die folgenden Entwurfs- und Genehmigungsplanungen erstellt (1):

- „Gemeinde Hohentengen – Hochwasserschutzmaßnahmen/Teil 1 – Flutmulde“ und
- „Gemeinde Hohentengen – Hochwasserschutzmaßnahmen/Teil 2 – Gassergraben / Mühlbach“.

Zur Ermittlung der Hochwasserabflüsse und der Wasserspiegellagen und zum Nachweis der Retentionswirkung der geplanten Rückhalteräume wurden vom GÜthler Ingenieurteam GmbH hydrodynamische Berechnungen durchgeführt. Hierbei kam das hydrodynamische Simulationsprogramm „DYNA“ aus dem Hause Pecher mit der dazugehörigen grafischen Kanaldatenbank zur Anwendung.

Zwecks Absicherung der Berechnungsergebnisse wurden vom Unterzeichner Vergleichsberechnungen zur Ermittlung der Hochwasserabflüsse mit Hilfe des IHW-Softwarepakets der Technischen Universität Karlsruhe (TH) (2) und zur Ermittlung der Wasserspiegellagen mit Hilfe des Softwarepakets Fluss von Rehm (3) durchgeführt. Die wesentlichen Berechnungsgrundlagen und Berechnungsergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

2. Ermittlung der Hochwasserabflüsse

2.1 Berechnungsgrundlagen

Zur Ermittlung der Hochwasserabflüsse wurden mit dem IHW-Softwarepaket zwei Flussgebietsmodelle erstellt. Mit dem ersten Flussgebietsmodell wurden die 100-jährlichen Hochwasserabflüsse an 12 Knoten für das östliche Teileinzugsgebiet bis zum „Retentionsbecken Auslaufbereich Rhein Ost“ berechnet. Mit dem zweiten Flussgebietsmodell wurden die 100-jährlichen Hochwasserabflüsse an 15 Knoten für das westliche Teileinzugsgebiet „Mühlbach bis zur Rheinmündung“ ermittelt. Die Einteilung der Teileinzugsgebiete wurde entsprechend dem Schemaplan für die Entwurfs- und Genehmigungsplanung (1) durchgeführt. Die wichtigsten Eingabedaten sind für beide Flussgebietsmodelle in den Anlagen 1.1 und 1.2 zusammengestellt.

a) Niederschlagsdaten

Die Niederschlagshöhen wurden entsprechend der Entwurfs- und Genehmigungsplanung (1) festgelegt. Da die bebaute Ortslage geschützt werden muss, wurde mit einer mittleren Wiederkehrzeit von $T_x = 100$ a gerechnet. Die Berechnungen erfolgen mit einem Zeitschritt $\Delta t = 5$ min für mehrere Regendauern D und zugehörige Regenhöhen h_N ($D = 60$ min mit $h_N = 53$ mm, $D = 120$ min mit $h_N = 65,0$ mm, $D = 180$ min mit $h_N = 73,2$ mm, $D = 360$ min mit $h_N = 89,7$ mm, $D = 540$ min mit $h_N = 101,1$ mm). Die zeitliche Verteilung der Niederschläge erfolgt nach der DVWK-Verteilung (siehe 2).

b) Gebietskennwerte

Zur Ermittlung der abflusswirksamen Niederschläge und der Systemfunktionen (Einheitsganglinien) sind Gebietskennwerte erforderlich. Diese wurden mit Hilfe der Entwurfs- und Genehmigungsplanung (1) festgelegt.

c) Abflusswirksame Niederschläge

Die abflusswirksamen Niederschläge und die daraus resultierenden Abflussbeiwerte wurden mit dem Verfahren nach Lutz (4) bestimmt. Hierbei werden zuerst die abflusswirksamen Niederschläge getrennt für die versiegelten und unversiegelten Einzugsgebietsflächen ermittelt und daraus die Abflussbeiwerte ψ berechnet. Es gilt:

$$\begin{aligned} N_{\text{eff,S}} &= (hN - AV_S) \psi_S A_S/A \\ N_{\text{eff,U}} &= (hN - AV_U) c + c/a (e^{**}(-a (hN - AV_U) - 1) (A - A_S)/A \\ \psi &= (N_{\text{eff,S}} + N_{\text{eff,U}}) / hN \end{aligned}$$

mit

- $N_{\text{eff,S}}$ = Abflusswirksamer Niederschlag von den versiegelten Flächen (mm)
- $N_{\text{eff,U}}$ = Abflusswirksamer Niederschlag von den unversiegelten Flächen (mm)
- ψ = Abflussbeiwert (-)
- hN = Gebietsniederschlag (mm)
- AV_S = Anfangsverlust für versiegelte Flächen (mm)
- AV_U = Anfangsverlust für die unversiegelten Flächen (mm)
- ψ_S = Abflussbeiwert für die versiegelten Flächen (-)
- A_S = Versiegelte Einzugsgebietsfläche (ha bzw. km²)
- A = Gesamte Einzugsgebietsfläche des betrachteten Knotens (ha bzw. km²)
- c = Maximaler Abflussbeiwert in Abhängigkeit von der Bodenart und der Landnutzung
- a = Faktor, der die Vorbodenfeuchte und die Jahreszeit berücksichtigt.

Für das Einzugsgebiet des Knotens Wasseräcker, das sehr flach ist, wurde der Bodentyp B (Feinsand, Löß, leicht tonige Sande) gewählt. Für alle anderen Einzugsgebiete wurde der Bodentyp C (bindige Böden mit Sand, Mischböden: lehmiger Mehlsand, sandiger Lehm, tonig-lehmiger Sand), der zu etwas höheren Abflussbeiwerten führt, den Berechnungen zugrunde gelegt.

d) Systemfunktionen (Einheitsganglinien)

Die Systemfunktionen wurden mit dem Regionalisierungsverfahren von Lutz (1984) berechnet. Die Anstiegszeit der Systemfunktion ergibt sich mit Hilfe von Gebietskennwerten zu:

$$t_A = P1 \left((L \times L_C / IG^{1,5})^{0,26} \right)$$

mit

- t_A = Anstiegszeit der Systemfunktion bzw. Einheitsganglinie (h)
- $P1$ = Faktor, der den Ausbauzustand des Gewässers berücksichtigt
- L = Länge der Fließstrecke bis zur Wasserscheide (km)

L_C = Länge der Fließstrecke bis zum Schwerpunkt der betrachteten Einzugsgebietsfläche (km)
 IG = Gewogenes Gefälle zwischen dem betrachteten Punkt (Knoten) und der Wasserscheide

Für die kleinen bebauten Teileinzugsgebiete wurde die Fließzeit t_L bis zum betrachteten Knoten aufgrund der Gefälleverhältnisse abgeschätzt und die Systemfunktion als Speicherkaskade mit $t_L = n \cdot k$ berechnet. Hierbei wurden einheitlich $n = 2$ Linearspeicher gewählt. Die Speicherkonstante k ergibt sich zu $k = t_L / n$. Mit dem gleichen Berechnungsverfahren wurden auch die Systemfunktionen für den Abfluss im Gerinne (Abfluss von Knoten zu Knoten) ermittelt. Hierbei ist t_L die Fließzeit von einem Knoten zum nächsten Knoten.

e) Berechnung der Hochwasserabflüsse

Mit Hilfe der Einzugsgebietsfläche A_E , der abflusswirksamen Niederschläge $N_{eff}(t)$ und der Einheitsganglinie $u(t)$ werden die Hochwasserabflüsse $Q(t)$ über das Faltungsintegral berechnet. Die Abflüsse von den Teileinzugsgebieten werden dann am jeweiligen Knoten entsprechend der zeitlichen Abfolge zum Gesamtabfluss addiert.

2.2 Berechnungsergebnisse

Mit dem Flussgebietsmodell vom Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe (IHW) wurden die 100-jährlichen Hochwasserabflüsse an den jeweiligen Knoten für die verschiedenen Niederschlagsdauern berechnet.

Die Berechnungsergebnisse sind in Tabelle 1 für das westliche Einzugsgebiet bis zum „Retentionsbecken Auslaufbereich Rhein Ost“ zusammengestellt. Der Vergleich mit den Berechnungsergebnissen von DYNA zeigt, dass aus hydrologischer Sicht eine sehr gute Übereinstimmung zwischen beiden Berechnungsverfahren besteht, da für das Gesamteinzugsgebiet der 100-jährliche Abfluss am Knoten 11 nach IHW $HQ_{100} = 5,17 \text{ m}^3/\text{s}$ und nach DYNA $HQ_{100} = 5,27 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt. Lediglich am Abfluss vom Regenrückhaltebecken Wasseräcker (Knoten 6) gibt es bei längeren Niederschlagsdauern größere Unterschiede, da der Rückhalteraum bei Regendauern von $D = 6 \text{ h}$ und $D = 9 \text{ h}$ nach IHW überläuft. Dies führt an den unterhalb liegenden Knoten jedoch nicht zu den maßgebenden Hochwasserabflüssen, da die Hochwasserabflüsse bei kürzeren Regendauern von $D = 3 \text{ h}$ und $D = 2 \text{ h}$ wesentlich größer sind.

Die Berechnungsergebnisse für das Einzugsgebiet des Mühlbachs sind für die Variante mit Regenrückhaltebecken Gassergraben ($V = 9685 \text{ m}^3$) in Tabelle 2 zusammengefasst. Der Vergleich mit den Berechnungsergebnissen von DYNA zeigt, dass aus hydrologischer Sicht wieder eine sehr gute Übereinstimmung zwischen beiden Berechnungsverfahren besteht, da für das Gesamteinzugsgebiet der 100-jährliche Abfluss am Knoten 15 nach IHW $HQ_{100} = 2,61 \text{ m}^3/\text{s}$ und nach DYNA $HQ_{100} = 2,51 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt.

Falls auf das Regenrückhaltebecken am Gassergraben verzichtet wird, erhöhen sich die 100-jährlichen Hochwasserabflüsse am Knoten 15 nach IHW auf $HQ_{100} = 4,01 \text{ m}^3/\text{s}$ und nach DYNA auf $HQ_{100} = 4,03 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Tabelle 3).

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass auch für sämtliche Knoten im Einzugsgebiet des Mühlbachs zwischen den Berechnungsergebnissen von IHW und DYNA aus hydrologischer Sicht eine sehr gute Übereinstimmung besteht.

Die Berechnungsergebnisse zur Ermittlung der Hochwasserabflüsse sind in den Anlage 2.1 und 2.2 zusammengestellt.

Knoten	K1 Haugraben m ³ /s	K2 Abfluss RRB Haugraben m ³ /s	K3 Herzle- graben m ³ /s	K4 Haugraben + Herzlegraben m ³ /s	K5 Wasser- äcker m ³ /s	K6 Abfluss RRB Wasseräcker m ³ /s	K7 Trennbau- werk m ³ /s	K8 Flutmulde m ³ /s	K9 Abfluss mit Gewerbegeb. m ³ /s	K10 Zufluss RRB Gesamtgeb. m ³ /s	K11 Abfluss RRB Gesamtgeb. m ³ /s
Ereignis											
HQ 100, D= 120 min	1.897	1.897	3.361	5.079	1.439	0.030	4.742	4.881	5.070	5.065	5.065
HQ 100, D= 180 min	1.950	1.950	3.354	5.135	1.604	0.030	4.852	5.027	5.172	5.168	5.168
HQ 100, D= 360 min	1.720	1.720	2.797	4.467	1.562	1.082	4.368	4.634	4.730	4.729	4.729
HQ 100, D= 540 min	1.531	1.531	2.410	3.928	1.548	1.285	3.908	4.197	4.300	4.299	4.299
IHW: HQ 100	1.95	1.95	3.36	5.14	1.60	1.29	4.85	5.03	5.17	5.17	5.17
DYNA: HQ 100	2.43	2.43	2.64	4.95	1.23	0.03	4.66	4.88	5.07	5.27	5.27

Tab.: 1 HQ 100 berechnet mit IHW und DYNA für das Einzugsgebiet bis zum Retentionsbecken Auslaufbereich Rhein Ost

Knoten	K1 Gasser- graben m³/s	K2 Abfluss RRB Gasser- graben m³/s	K3 Gasser- graben+ Teilgebiet m³/s	K4 Trennbau- werk m³/s	K5 Oberhalb- Sportplatz m³/s	K6 Flutmulde m³/s	K7 Gasser- graben u. Flutmulde m³/s	K8 Riedbach m³/s	K9 Beginn Ortslage m³/s	K12 Ortslage Punkt 3 m³/s	K15 Gesamt- gebiet m³/s
Ereignis											
HQ 100, D= 120 min	1.354	0.081	1.678	1.678	0.359	0.130	0.808	2.187	2.509	2.509	2.509
HQ 100, D= 180 min	1.387	0.081	1.723	1.723	0.369	0.130	1.852	2.280	2.613	2.613	2.613
HQ 100, D= 360 min	1.210	0.081	1.548	1.548	0.332	0.130	1.678	2.138	2.454	2.454	2.454
HQ 100, D= 540 min	1.059	0.081	1.386	1.386	0.301	0.130	1.516	1.984	2.273	2.273	2.273
IHW: HQ 100	1.39	0.08	1.72	1.72	0.37	0.13	1.85	2.28	2.61	2.61	2.61
DYNA: HQ 100	1.61	0.08	1.56	1.56	0.21	0.13	2.09	2.30	2.51	2.51	2.51

Tab.: 2 HQ 100 berechnet mit IHW und DYNA für das Einzugsgebiet des Mühlbachs bis zum Rhein (mit RRB Gassergraben)

Knoten	K1 Gasser- graben m³/s	K3 Gasser- graben+ Teilgebiet m³/s	K5 Oberhalb- Sportplatz m³/s	K6 Flutmulde m³/s	K8 Riedbach m³/s	K9 Beginn Ortslage m³/s	K12 Ortslage Punkt 3 m³/s	K15 Gesamt- gebiet m³/s
Ereignis								
IHW: HQ 100	1.39	2.89	3.25	0.3	0.85	4.01	4.01	4.01
DYNA: HQ 100	1.61	2.63	3.19	0.3	0.55	4.03	4.03	4.03

Tab.: 3 HQ 100 berechnet mit IHW und DYNA für das Einzugsgebiet des Mühlbachs bis zum Rhein (ohne RRB Gassergraben)

3. Hydraulische Nachweise

3.1 Berechnungsgrundlagen

Die Vergleichsberechnungen zur Ermittlung der Wasserspiegellagen wurden mit dem Programm FLUSS von Rehm durchgeführt. Mit dem Programm FLUSS von Rehm (5) können Stau- und Senkungslinien für beliebig gegliederte Abflussprofile gerechnet werden. Das Programm berechnet offene Normalprofile, offene Profile mit Einbauten, sowie geschlossene Profile (Durchlässe, Kanäle).

Die Berechnung der Wasserspiegellagen erfolgte mit dem Verfahren von Manning-Strickler. Hierbei werden die Rauheitsbeiwerte k_{St} entsprechend der örtlichen Verhältnisse für jedes Querprofil festgelegt, z. B. $k_{St} = 22 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ für die Flutmulde und $k_{St} = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ für die Stahlbetonrohre. Örtliche Verlustbeiwerte werden entsprechend den Querschnittsverengungen bzw. -erweiterungen, bzw. den Richtungsänderungen in Kanälen (z. B. nach DWA-A 110) festgelegt und eingegeben.

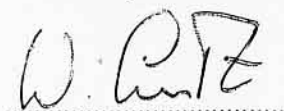
3.2 Berechnungsergebnisse

Die Berechnungsergebnisse sind für den Bereich der „Flutmulde“ bis „Retentionsbecken Auslaufbereich Rhein Ost“ in Anlage 3.1 und für den „Mühlbach im Bereich der Ortslage Hohentengen“ in Anlage 3.2 zusammengestellt. Die Berechnungsergebnisse von FLUSS zeigen, dass die mit DYNA berechneten Querprofile ausreichend dimensioniert sind. Die mit FLUSS berechneten Wasserspiegellagen weisen eine gute Übereinstimmung mit den nach DYNA berechneten Wasserspiegellagen auf. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die mit DYNA berechneten Wasserspiegellagen genauer sind, da das hydrodynamische Rechenprogramm wesentlich aufwändiger und genauer rechnet.

4. Literatur

1. Entwurfs- und Genehmigungsplanungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes in der Gemeinde Hohentengen vom Gütler Ingenieurteam GmbH aus Waldshut-Tiengen in 2007:
„Gemeinde Hohentengen – Hochwasserschutzmaßnahmen/Teil 1 – Flutmulde“ und
„Gemeinde Hohentengen – Hochwasserschutzmaßnahmen/Teil 2 – Gassergraben / Mühlbach“.
2. Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft (IHW), 1993: Softwarepaket für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität Karlsruhe.
3. Programm REHM/FLUSS/9.0, Rehm-Software, Ravensbur9-Berg, 2006
4. Lutz, W., 1984: Berechnung von Hochwasserabflüssen unter Anwendung von Gebietskenngrößen, Mitteilungen Nr. 24 des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe.

Konstanz, den 17.09.2007



(Prof. Dr. Werner Lutz)