

Anlage 6

Hydrologische Abschätzung der Hochwasserabflüsse der Vorfluter
im Bereich der Talbrücke Lemptal durch Hessen Mobil

Aktenzeichen PL 2.00.5 He
Bearbeiter Martin Hein
Telefonnummer 06051 / 832 432
Datum 31.08.2016

VERMERK

BAB 45 - Hydrologische Abschätzung der Hochwasserabflüsse diverser Vorfluter im Bereich der Talbrücken Lemptal und Kreuzbach

Veranlassung:

Für die Planung der Talbrücken Lemptal und Kreuzbach im Zuge der A45 wurden hydrologische Bemessungsparameter sowohl bei RP Gießen (OWB) als auch bei der unteren Wasserbehörde des Lahn-Dill-Kreises (UWB) abgefragt. Die vorgelegten Abflussdaten des RP Gießen wurden in der Email der UWB vom 09.08.2016 als zu hoch eingeschätzt. Darum wurde von der UWB angeregt eine Plausibilitätsprüfung der hydrologischen Gewässerkenntdaten vorzunehmen. In den folgenden Abschnitten werden daher die maßgeblichen Hochwasserabflüsse mit Hilfe des SCS-Verfahrens abgeschätzt.

Prüfung der Eingangsdaten:

Als ersten Schritt bei der Plausibilitätsprüfung der vorgelegten Unterlagen wurden die natürlichen Einzugsgebiete (EZG) der Vorfluter im Projektgebiet grafisch ermittelt (siehe Abbildung 1).

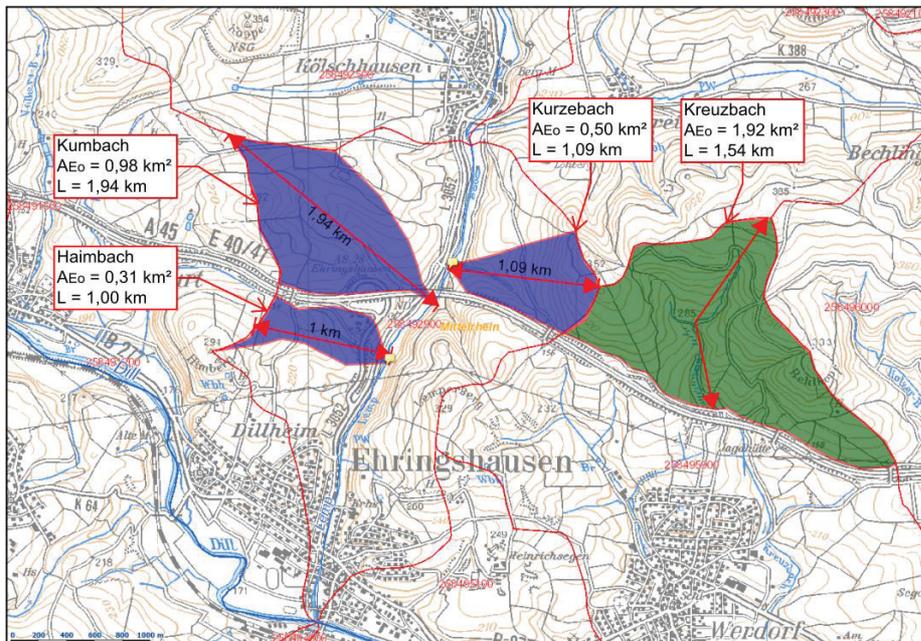


Abbildung 1: Gebietskenngrößen der Vorfluter (Quelle: www.wrrl.hessen.de)



Als nächstes erfolgt ein Vergleich der von UWB und OWB angegebenen Gewässerdaten. In den Tabellen 1 bis 3 sind die Hochwasserabflüsse auf Grundlage der Abflussspenden der OWB aufgeführt.

Tabelle 1: Hochwasserabflussspenden des Kurze-, Kum- und Haimbach gem. Email OWB vom 24.06.2016

Jährlichkeit	Hochwasser-abflussspende [l/(s*km²)]	Kurzebach EZG = 0,50 km² [l/s]	Kumbach EZG = 0,98 km² [l/s]	Haimbach EZG = 0,31 km² [l/s]
Hq100	3.600	1.800	3.528	1.116
Hq50	2.900	1.450	2.842	899
Hq25	2.150	1.075	2.107	667
Hq10	1.250	625	1.225	388
Hq5	790	395	774	245
Hq2	470	235	461	146
Hq	220	110	216	68
Mq	8,5	4	8	3
MNq	0,3	0,1	0,3	0,1

Tabelle 2: Hochwasserabflussspenden des Kreuzbach gem. Email OWB vom 04.07.2016

Jährlichkeit	Hochwasser-abflussspende [l/(s*km²)]	Kreuzbach EZG = 1,92 km² [l/s]
Hq100	2.410	4.627
Hq50	1.920	3.686
Hq25	1.440	2.765
Hq10	840	1.613
Hq5	530	1.018
Hq2	310	595
Hq	-	-
Mq	8,3	16
MNq	0,3	0,6

Tabelle 3: Hochwasserabflussspenden der Lemp gem. 2. Email OWB vom 04.07.2016

Jährlichkeit	Hochwasser-abflussspende [l/(s*km²)]	Lemp gesamt EZG = 34,97 km² [l/s]	Lemp Teil-EZG EZG = 5,21 km² [l/s]	Lemp Teil-Rest EZG = 3,42 km² [l/s]
Hq100	950	33.222	4.950	3.249
Hq50	840	29.375	4.376	2.873
Hq25	750	26.228	3.908	2.565
Hq10	620	21.681	3.230	2.120
Hq5	-	-	-	-
Hq2	360	12.589	1.876	1.231
Hq	-	-	-	-
Mq	7,6	266	40	26
MNq	0,4	14	2	1

Aus Abbildung 1 geht die Aufteilung des Teilezugsgebietes der Lemp ($A_{E0} = 5,212 \text{ km}^2$) hervor. Die drei Vorfluter Kurze-, Kum- und Haimbach machen einen Flächenanteil an dem Teileinzugsgebiet der Lemp von ca. $1,79 \text{ km}^2$ aus.

Schon an dieser Stelle wird deutlich, dass die Summe der Abflüsse aus Kurze-, Kum- und Haimbach zusammen mit dem Abfluss „Lemp Teil-Rest“ den Abfluss aus dem „Teil-EZG“ der Lemp übersteigt.

Bsp.: HQ2 „Lemp Teil-EZG“ = $1.876 \text{ l/s} \neq 235 \text{ l/s} + 461 \text{ l/s} + 146 \text{ l/s} + 1.231 \text{ l/s} = 2.073 \text{ l/s}$

Noch gravierendere Unterschiede zeigen sich bei Vergleich der Abflusswerte der Lemp (vgl. Tabelle 3) mit den gemessenen Abflusswerten der Lemp aus dem WRRL-Monitoring (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Abflüsse der Lemp gem. UWB vom 09.08.2016

Jährlichkeit	Hochwasser-abflussspende [l/(s*km ²)]	Lemp Teil EZG = 5,21 km ² [l/s]	Lemp Teil-Rest EZG = 3,72 km ² [l/s]	Differenz [l/s]
Hq100				
Hq50				
Hq25				
Hq10				
Hq5				
Hq2	131	680	486	195
Hq	85	443	317	127
Mq	7,8	41	29	12
MNq	0,4	2,1	1,5	0,6

Für das HQ₂ führt die Lemp nach Aussage der UWB eine Wassermenge von 4.568 l/s. Dieser Wert ist um ein vielfaches geringer als der berechnete Abfluss von ca. 12.600 l/s (siehe Tabelle 3). Rechnet man die Hochwasserabflussspende der Lemp aus den Abflussdaten zurück, erhält man einen Wert für HQ₂ von 131 l/(s*km²) gegenüber den 360 l/(s*km²) der OWB.

Im Ergebnis des Vergleichs, sind die Abflussspenden der OWB als wesentlich zu hoch einzustufen. In den folgenden Ausführungen werden daher die Abflüsse der kleinen Vorfluter mittels vereinfachtem, hydrologischem Verfahren abgeschätzt. Zur Anwendung kommt das Verfahren des US Soil Conservation Service (SCS-Verfahren).

Hydrologische Abschätzung der Hochwasserabflüsse mittels SCS-Verfahren:

Zur Bestimmung der maßgebenden Regendauer (=kritische Fließzeit) wird die SCS-Lag-Formel verwendet. Die hieraus ermittelte Konzentrationszeit im Einzugsgebiet "*entspricht der Zeitspanne vom Regenbeginn bis zu dem Zeitpunkt, zu welchem der der gesamte effektive Niederschlag (=direkter Abfluss) den Gebietsauslass erreicht*". (MANIAK)¹. Das Verfahren eignet sich für Einzugsgebiete von bis zu 8 km².

Gewählt:

Bodenfeuchteklasse II, Bodengruppe C² → Bodennutzung in den Einzugsgebieten ist eine Mischung aus normalen Weiden und mittleren bis dichten Waldflächen (Luftbildauswertung) → CN = 79 für Weiden, normal; CN = 70 bis 73 für Wald, dicht bzw. mittel (Tab. 6.4, MANIAK) → die CN-Werte werden über die Flächenanteile der Teileinzugsgebiete gemittelt (CN_{mittel})

Die Konzentrationszeit der jeweiligen Einzugsgebiete wird nach der SCS-Lag-Formel (Tab. 6.8, MANIAK) ermittelt.

$$t_L = 0,342 \cdot L^{0,8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \cdot J^{-0,5} \quad \text{Formel (1)}$$

$$\rightarrow t_c = 1,67 \cdot t_L \quad \text{Formel (2)}$$

Der abflusswirksame Anteil des Niederschlags wird über Formel (3) bestimmt. Hierdurch kann auf den Abflussbeiwert zurückgerechnet werden.

¹ Maniak, Ulrich; Hydrologie und Wasserwirtschaft; 5. Auflage; Braunschweig; März 2005

² Hessen Mobil, KC Geotechnik - Bodengutachten (B AA 047/15/11); Wetzlar 18.12.2015

$$A = \frac{(N-I_a)^2}{(N-I_a)+s_{max}} \quad \text{Formel (3)}$$

Mit

$$s_{max} = \frac{25.400}{CN} - 254 \quad \text{Formel (4)}$$

$$I_a = a \cdot s_{max} \quad \text{Formel (5)}$$

Der Anfangsverlust I_a ist über die Konstante a (vgl. Formel (5)) linear vom maximalen Gebietsrückhalt S_{max} abhängig. In der Regel wird der der Anfangsverlust mit 20% des maximalen Gebietsrückhalts (s_{max}) gewählt. Für mitteleuropäische Verhältnisse überschätzt man dabei den tatsächlichen Abflussbeiwert, so dass laut MANIAK mit einem geringeren Anfangsverlust gearbeitet werden kann. Dies gilt bis zu einer Niederschlagshöhe von 50 mm.

Gemäß OSTROWSKI³ sollte die Konstante a bei kleinen Regenereignissen auf den Wert 0,1 reduziert werden. Da im vorliegenden Fall Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Wiederkehrzeiten ermittelt werden sollen, wird eine Staffelung der Konstante a entsprechend Tabelle 5 eingeführt. Ab einem Niederschlagsereignis mit 50-jährlicher Häufigkeit, übersteigen die Regenhöhen aller betrachteten Vorfluter den Wert von 50 mm. Daher wird die Konstante a zwischen dem 5-jährigen Ereignis und dem 50-jährigen Ereignis linear von 0,1 auf 0,2 erhöht.

Tabelle 5: Konstante a zur Berechnung des Anfangsverlustes in Abhängigkeit des Wiederkehrintervalls

T [a]	a [-]
0,5	0,100
1	0,100
2	0,100
5	0,125
10	0,150
25	0,175
50	0,200
100	0,200

In Tabelle 6 ist eine Übersicht der zur Abflussermittlung angewendeten Berechnungsparameter aufgeführt.

Tabelle 6: Übersicht der Berechnungsparameter für das SCS-Verfahren

Parameter	Kumbach	Kurzebach	Haimbach	Kreuzbach
EZG [km ²]	0,98	0,50	0,31	1,92
Länge [km]	1,94	1,09	1,00	1,54
ΔH [m]	102	162	101	155
Gefälle [%]	5%	15%	10%	10%
CNmittel [-]	71	70	72	75
tL [h]	7,8	3,0	3,3	4,3
tc [h]	13,1	5,1	5,5	7,2
smax [-]	102	109	99	86

³ Prof. Dr.-Ing. Ostrowski; Manfred W.; Ingenieurhydrologie II; Technische Universität Darmstadt; Darmstadt; 14. September 2014

Tabelle 7 zeigt die ermittelten Abflusswerte der kleinen Vorfluter (Kumbach, Kurze- und Haimbach). Vergleicht man die Summe der Abflusswerte in Tabelle 7 mit dem Differenzbeträgen für HQ und HQ₂ aus Tabelle 4, kann eine sehr gute Übereinstimmung der Abflüsse festgestellt werden. Bei HQ₂ werden die Abflüsse um etwa 3,5 % (202 l/s zu 195 l/s) überschätzt und für das HQ liegen die Ergebnisse ca. 4 % (122 l/s zu 127 l/s) unterhalb der Abflüsse aus dem WRRL-Monitoring.

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse mit dem SCS-Verfahren für Kumbach, Kurze, und Haimbach

Jährlichkeit	Kumbach EZG = 0,98 km ² [l/s]	Kurzebach EZG = 0,50 km ² [l/s]	Haimbach EZG = 0,31 km ² [l/s]	Kontrolle Summe [l/s]
Hq100	295	368	269	637
Hq50	234	290	220	509
Hq25	184	230	173	403
Hq10	156	194	149	343
Hq5	128	162	122	284
Hq2	90	113	88	202
Hq	53	67	54	122
Mq				
MNq				

Die folgenden Tabellen (Tabelle 8 bis Tabelle 11) zeigen die mittels SCS-Verfahren abgeschätzten Hochwasserabflüsse der zu prüfenden Gewässer.

Tabelle 8: Hochwasserabflüsse des Kumbach

Kumbach mit tc = 13,1 h						
T [a]	hN [mm]	la [-]	A [mm]	A/hN = ψ [-]	ψ [-]	Q [l/s]
0,5	21,9	10	1,2	5,5%	0,05	25
1	27,7	10	2,6	9,2%	0,09	53
2	33,5	10	4,3	12,9%	0,13	90
5	41,2	13	6,2	15,0%	0,15	128
10	47,0	15	7,5	15,9%	0,16	156
25	52,8	18	8,9	16,8%	0,17	184
50	60,5	20	11,3	18,6%	0,19	234
100	66,3	20	14,2	21,4%	0,21	295

Tabelle 9: Hochwasserabflüsse des Kurzebachs

Kurzebach mit tc = 5,1 h						
T [a]	hN [mm]	la [-]	A [mm]	A / hN [-]	ψ [-]	Q [l/s]
0,5	22,6	11	1,1	5,1%	0,05	31
1	28,6	11	2,5	8,6%	0,09	67
2	34,3	11	4,1	12,1%	0,12	113
5	42,2	14	5,9	14,1%	0,14	162
10	47,9	16	7,1	14,8%	0,15	194
25	53,8	19	8,4	15,6%	0,16	230
50	61,5	22	10,6	17,3%	0,17	290
100	67,4	22	13,5	20,0%	0,20	368

Tabelle 10: Hochwasserabflüsse des Haimbachs

Haimbach mit $t_c = 5,5$ h						
T [a]	hN [mm]	la [-]	A [mm]	A / hN [-]	ψ [-]	Q [l/s]
0,5	24,2	10	1,8	7,4%	0,07	28
1	30,3	10	3,5	11,4%	0,11	54
2	36,6	10	5,6	15,4%	0,15	88
5	44,4	12	7,8	17,5%	0,18	122
10	50,7	15	9,5	18,7%	0,19	149
25	56,5	17	11,0	19,5%	0,20	173
50	64,8	20	14,0	21,6%	0,22	220
100	70,6	20	17,1	24,3%	0,24	269

Tabelle 11: Hochwasserabflüsse des Kreuzbachs

Kreuzbach mit $t_c = 7,2$ h						
T [a]	hN [mm]	la [-]	A [mm]	A / hN [-]	ψ [-]	Q [l/s]
0,5	22,6	9	2,0	8,7%	0,09	147
1	28,6	9	3,8	13,1%	0,13	279
2	34,3	9	5,9	17,2%	0,17	440
5	42,2	11	8,4	19,9%	0,20	625
10	47,9	13	10,1	21,1%	0,21	753
25	53,8	15	12,0	22,4%	0,22	896
50	61,5	17	15,0	24,5%	0,24	1.120
100	67,4	17	18,5	27,4%	0,27	1.378

Zusammenfassung:

Wie die Prüfung der Eingangsdaten von der OWB gezeigt hat, sind die Hochwasserabflussspenden in sich unstimmtig. Beim anschließenden Abgleich der Daten mit den Werten aus dem WRRL-Monitoring wird deutlich, dass die Abflussspenden der OWB als wesentlich zu hoch einzustufen sind. Daher wurden die Abflüsse der Vorfluter mittels vereinfachtem, hydrologischem Verfahren (SCS-Verfahren) abgeschätzt.

Die Eingangsparameter für die Anwendung des SCS-Verfahrens wurden nach den Empfehlungen einschlägiger Literatur (MANIAK, OSTROWSKI) gewählt. Zur Plausibilitätskontrolle der berechneten Abflüsse wurden das HQ₁ sowie das HQ₂ aus dem WRRL-Monitoring der Lemp herangezogen. Über eine Reduzierung des möglichen Anfangsverlustes, welche für mitteleuropäische Verhältnisse zu plausibleren Ergebnissen führen, wurden sehr gute Übereinstimmungen mit den gemessenen Abflusswerten der Lemp erzielt.

In den Tabellen 8 bis 11 sind die Hochwasserabflüsse der zu prüfenden Gewässer aufgelistet. Da die berechneten Hochwasserabflüsse für die Dimensionierung von Durchlässen und Grabenprofilen verwendet werden sollen, wird empfohlen die Werte mit einem Sicherheitszuschlag von 10 bis 20 % zu erhöhen.

Aufgestellt,
Gelnhausen, den 31.08.2016

gez. Martin Hein