Auftraggeber



FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG

Gbltg. Südliches Niederösterreich und Burgenland

	Universität für Bodenkultur Institut für Wildbach- und Lawinenschutz					
Einzugsgebiet (Vorhaben):	UNGERBACH					
Gemeinde(n):	Kirchschlag Bad Schönau Bezirk(e): Wr. Neustadt					
REP	ORT 0003	Technischer Bericht				
aufgenommen: verfaßt: ausgefertigt:		Projektleiter:		Beilage Nr.: 1		

INHALTSVERZEICHNIS

1	ANLAB	UND GENEHMIGUNG ZUR PROJEKTSVERFASSUNG	3
2	BESCHI	REIBUNG DES EINZUGSGEBIETES	4
2.1	ALLGI	EMEINE LAGE	4
2.2	GEOLO	OGIE	5
2	.2.1 Ge	ologie des Einzugsgebietes	5
2	.2.2 Boo	dentypen im Einzugsgebiet	5
2.3	Bewi	TSCHAFTUNG	8
2.4	Hydr	OLOGIE	10
2	.4.1 Ern	nittlung des maßgeblichen Niederschlages	10
	2.4.1.1	Datenvergleich	
	2.4.1.2	Ermittlung der Niederschlagsintensitäten für andere Niederschlagsdauer	11
	2.4.1.3	Festlegung der maßgeblichen Niederschlagshöhen	13
2	.4.2 Ern	nittlung der maßgeblichen Abflüsse	13
	2.4.2.1	Erstellung eines Flußgebietsmodells	15
	2.4.2.2	Ermittlung des Abflußbeiwerts nach LUTZ 1984	16
	2.4.2.3 1987)	Ermittlung des Abflußbeiwerts nach dem SCS-Verfahren des U.S. Soil Conservation Service (OF 18	NER
	2.4.2.4	Graphische Gegenüberstellung der errechneten Abflußbeiwerte	19
	2.4.2.5	Ermittlung von Ganglinien und Abfluβdaten über das Regionalisierungsmodell	21
	2.4.2.6	Ermittlung des Spitzenabflusses mit der Hochwasserformel nach KOELLA 1986	23
	2.4.2.7	Gegenüberstellung der Ereignisse	24
	2.4.2.8	Vergleich der errechneten mit den vom Forsttechnischen Dienst ermittelten Werten	26
	2.4.2.9	Abflußbeiwerte für die maßgeblichen Jährlichkeiten und Ereignisse	26
	2.4.2.10	Gewählte Bemessungsabflüsse	26
2.5	Васне	GESCHICHTE	28
2.6	VERB	AUUNGSGESCHICHTE	29
3	VERBA	UUNGSZIEL UND VERBAUUNGSGRUNDGEDANKE	30
3.1	VERBA	AUUNGSZIEL	30
3.2	VERBA	AUUNGSGRUNDGEDANKEN	31
3.3		NTE MABNAHMEN	
4	BESCHI	REIBUNG UND BEGRÜNDUNG DER VORGESCHLAGENEN MAßNAHMEN	33
4.1	Носн	WASSERRÜCKHALTEBECKEN UNGERBACH OBERLAUF	34
4	.1.1 Ko	nstruktionsprinzip	34
4	.1.2 Hy	drologische Grundlagen	34
4	•	draulische Berechnungen	
	4.1.3.1	Bemessung des Grundablasses	
	4.1.3.2	Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage	
	4.1.3.3	Ermittlung des maßgeblichen Speicherraums	39

4.1	1.3.4	Beckenberechnung nach dem Verfahren der Seeretention	40
4.1	1.3.5	Auswahl der geeigneten Variante	42
4.1.4	Ga	nglinien für maßgebliche Ereignisse	43
4.2	Носн	WASSERRÜCKHALTEBECKEN HOLLERBACH FISCHTEICHE	47
4.2.1	Ko	nstruktionsprinzip	47
4.2.2	Нус	drologische Grundlagen	48
4.2.3	Нус	draulische Berechnungen	50
4.2	2.3.1	Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Stauhöhe für die Schlitzsperre	50
4.2	2.3.2	Erstellen der Abfluβkurven	57
4.2	2.3.3	Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage	59
4.2	2.3.4	Ermittlung des maßgeblichen Speicherraums	60
4.2	2.3.5	Beckenberechnung nach dem Verfahren der Seeretention	61
4.3	Носн	WASSERRÜCKHALTEBECKEN HOLLERBACH ERLENBRUCHWALD	64
4.3.1	Ko	nstruktionsprinzip	64
4.3.2	Hyd	drologische Grundlagen	65
4.3.3	Нус	draulische Berechnungen	66
4.3	3.3.1	Bemessung des Grundablasses	66
4.3	3.3.2	Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage	68
4.3	3.3.3	Ermittlung des maßgeblichen Speicherraums	69
4.3	3.3.4	Beckenberechnung nach dem Verfahren der Seeretention	70
4.3	3.3.5	Auswahl der geeigneten Variante	72
4.3.4	Ga	nglinien für maßgebliche Ereignisse	72
4.4	Ausw	IRKUNG DER GEPLANTEN VERBAUUNGSMAßNAHMEN AUF DEN ABFLUß	74
4.4.1	Vei	gleich der Hochwasserspitzen	74
5 DA	AMMI	BERECHNUNGEN	75
5.1.1	Na	chweis der Böschungssicherheit	75
5.1.2		chweis der Geländebruchsicherheit	
6 LI	TERA	TURVERZEICHNIS	77
7 VI	ERZEI	ICHNIS DER ABBILDUNGEN	79
Q VI	r D7F 1	CHNIS DED TARELLEN	Q1

1 Anlaß und Genehmigung zur Projektsverfassung

Anlaß zur Erstellung des Verbauungsprojekts Ungerbach ist der Antrag der Gemeinde Kirchschlag in der Buckligen Welt um Verbauungsmaßnahmen am Ungerbach an den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Südliches Niederösterreich und Burgenland vom 09.10.1992. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft mit der Zahl 51.481/06-VC7/94 vom 17.08.1994 genehmigt und an das Institut für Wildbach- und Lawinenschutz an der Universität für Bodenkultur vergeben.

2 Beschreibung des Einzugsgebietes

2.1 Allgemeine Lage

Der Ungerbach mit seinem Einzugsgebiet von 14,9 km² liegt im südöstlichen Niederösterreich an der Grenze zum Burgenland im Gebiet der Buckligen Welt. Das Einzugsgebiet bedeckt Teile der Gemeinden Bad Schönau und Kirchschlag in der Buckligen Welt, im politischen Bezirk Wr. Neustadt.

Im Gemeindegebiet von Kirchschlag mündet der Ungerbach im Kreuzungsbereich der Bundesstr. 55 und der Landeshauptstr. 147 als rechtsufriger Zubringer in den Zöbernbach, der zum Flußgebiet der Raab gehört. Die höchste Erhebung im EZG ist der Hutwisch mit 896 m ü.A., die Mündung liegt auf 428 m ü.A., das heißt das EZG weist eine maximale Höhendifferenz von 468 m und eine durchschnittliche Höhe von 622 m ü.A. auf.

2.2 Geologie

2.2.1 Geologie des Einzugsgebietes

Das Einzugsgebiet des Ungerbachs liegt am letzten Ausläufer des Nordostsporns der Zentralalpen, was sich in der Reliefform deutlich bemerkbar macht.

Im Einzugsgebiet findet man vor allem Hüllschiefer der Grobgneiseinheit, an einzelnen Stellen tritt Grobgneis auf. Im Teileinzugsgebiet des Hollerbachs und östlich des Siedlungsraums Ungerbach sind diese durch Krumbacher Schichten aus dem Tertiär überlagert. Im nordöstlichen Bereich des Einzugsgebietes um den Niklasberg tritt Biotitgneis der Sieggrabener Einheit auf.

Im Unterlauf des Ungerbachs von der Mündung bis in den Siedlungsraum Ungerbach wird die Talsohle von Schwemmsand und Aulehm bedeckt.

Die Gesteine der Grobgneiseinheit weisen durch die grusige bis grobblockige Verwitterung und tektonische Zerbrechung bereichsweise eine hervorragende Trennfugendurchlässigkeit auf (KOLLMANN 1984 nach KOLLMANN 1981, 1982). Die großteils tonig-schluffig-feinsandige Matrix der Krumbacher Schichten sind maßgeblich für die geringe Durchlässigkeit der Krumbacher Schichten (KOLLMANN 1984 nach BUDA 1979, NEBERT et al. 1980, PIRKL et al. 1981).

2.2.2 Bodentypen im Einzugsgebiet

Bei der Aufteilung nach der Bodenart wurde die Einteilung nach LUTZ 1984, bzw. nach dem Vorschlag für das SCS-Verfahren des U.S. Soil Conservation Service verwendet; diese beiden Gliederungen der Bodentypen decken sich, so daß für alle Berechnungsverfahren von den folgenden Bodentypen ausgegangen wurde:

♦ Bodentyp A: Schotter, Kies, Sand

♦ Bodentyp B: Feinsand, Löß, leicht tonige Sande

♦ Bodentyp C: lehmiger Mehlsand, sandiger Lehm, tonig lehmiger Sand

♦ Bodentyp D: Ton, Lehm, dichter Fels, stauender Untergrund

Bei der Flächeneinteilung wurden auch noch Zwischentypen herangezogen, für die die jeweiligen Parameter interpoliert wurden. Daher ergab sich konkret für das Einzugsgebiet folgende Typisierung, die ins GIS übernommen wurde:

- ♦ Bodentyp B
- ♦ Bodentyp B-C
- ♦ Bodentyp C
- ♦ Bodentyp C-D

Die Bodentypisierung wurde am GIS mit Hilfe der digitalisierten Bodenkarte der Bundesanstalt für Bodenwirtschaft erstellt.

	EZ	G 1	EZ	G 2	EZ	G 3	EZ	G 4	EZ	G 6	EZ	G 7
	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]
В	0,01	0,79	0,06	8,73	0,71	66,39	0,08	29,38	0,11	21,93	0,48	15,76
B-C	1,48	84,21	0,56	83,91	0,34	32,03	0,19	70,62	0,36	71,87	2,29	75,46
С	0,09	5,37	0,00	0,00	0,02	1,58	0,00	0,00	0,03	6,20	0,13	4,22
C-D	0,17	9,63	0,05	7,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	4,56
	EZ	G 8	EZG 10		EZG 11		EZG 12		EZG 14			
	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]		
В	0,02	1,11	0,13	72,67	0,52	60,94	1,34	48,86	0,16	8,83		
B-C	1,32	64,64	0,05	27,33	0,21	24,87	1,35	49,25	0,90	49,81		
С	0,70	34,25	0,00	0,00	0,12	14,19	0,05	1,77	0,75	41,36		
C-D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00		

Tabelle 1: Bodentypen in den Einzugsgebieten

Bodentypen nach LUTZ 1984 und Flächen der Teileinzugsgebiete

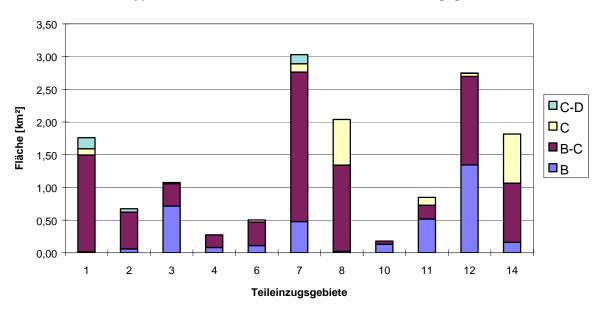


Abbildung 2: Bodentypen in den Teileinzugsgebieten

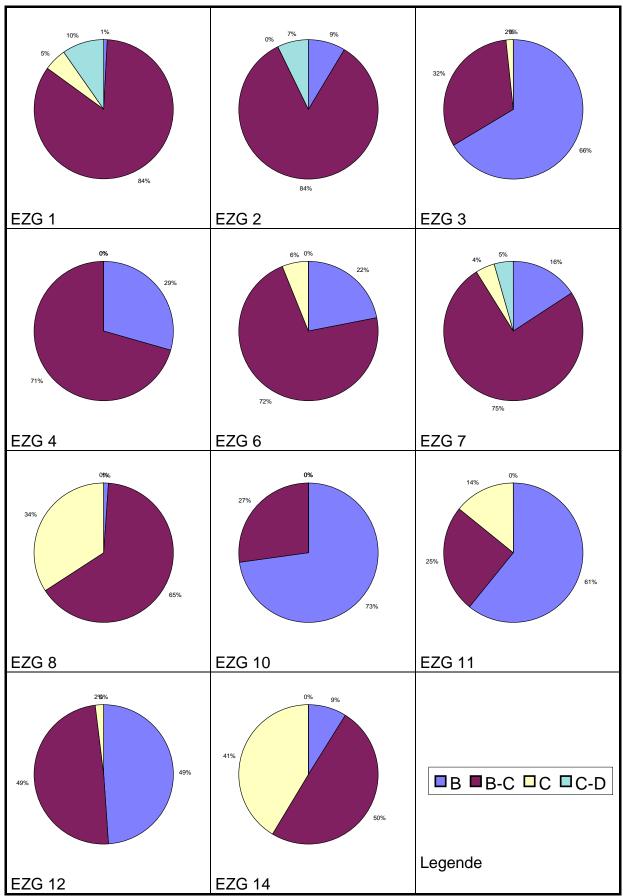


Abbildung 3: Anteile der Bodentypen in den Teileinzugsgebieten

2.3 Bewirtschaftung

Die Bewirtschaftung des Einzugsgebiets wurde in drei Typen gegliedert, die in den hydrologischen Berechnungen für den Oberflächenabfluß, bzw. die Versickerung von Bedeutung sind. Als versiegelte Flächen mit 100% Oberflächenabfluß wurden zusammenhängende Siedlungsflächen und Hauptstraßen ausgewiesen. Die unverbauten Flächen wurden nur in Wald und Wiese unterteilt, da die als Ackerland genutzten landwirtschaftlichen Flächen von so geringer Größe sind, daß eine Einbeziehung in hydrologische Berechnungen nicht sinnvoll erscheint. Im GIS wurde für jedes Teileinzugsgebiet eine Flächenaufteilung ermittelt, die zur Gewichtung der Parameter in den Abflußberechnungen herangezogen wurde.

	EZ	G 1	EZ	G 2	EZ	G 3	EZ	G 4	EZ	G 6	EZ	G 7
	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]
Wiese	0,46	25,86	0,43	63,09	0,52	47,98	0,18	64,05	0,38	75,81	0,98	32,36
Wald	1,30	74,14	0,14	20,05	0,56	51,85	0,05	19,39	0,09	17,78	2,05	67,48
versiegelt	0,00	0,00	0,11	16,87	0,00	0,17	0,05	16,56	0,03	6,41	0,00	0,15
					EZG 11							
	EZ	G 8	EZG	G 10	EZG	11	EZG	3 12	EZG	3 14		
	EZ([km²]	G 8 [%]	EZG [km²]	§ 10 [%]	EZG [km²]	§ 11 [%]	EZG [km²]	§ 12 [%]	EZG [km²]	6 14 [%]		
Wiese												
Wiese Wald	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%]	[km²]	[%] 57,00	[km²]	[%]		

Tabelle 2: Bewirtschaftung in den Teileinzugsgebieten

Oberflächenbeschaffenheit und Flächen der Teileinzugsgebiete

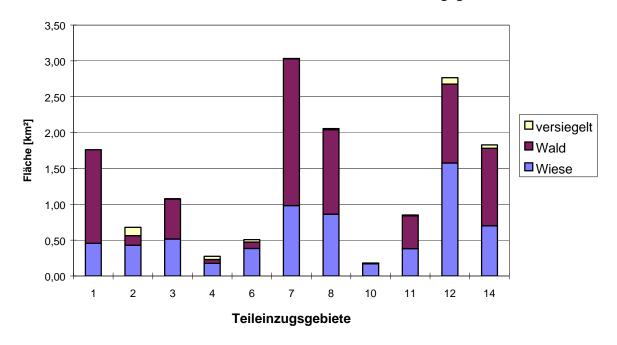


Abbildung 4: Bewirtschaftung in den Teileinzugsgebieten

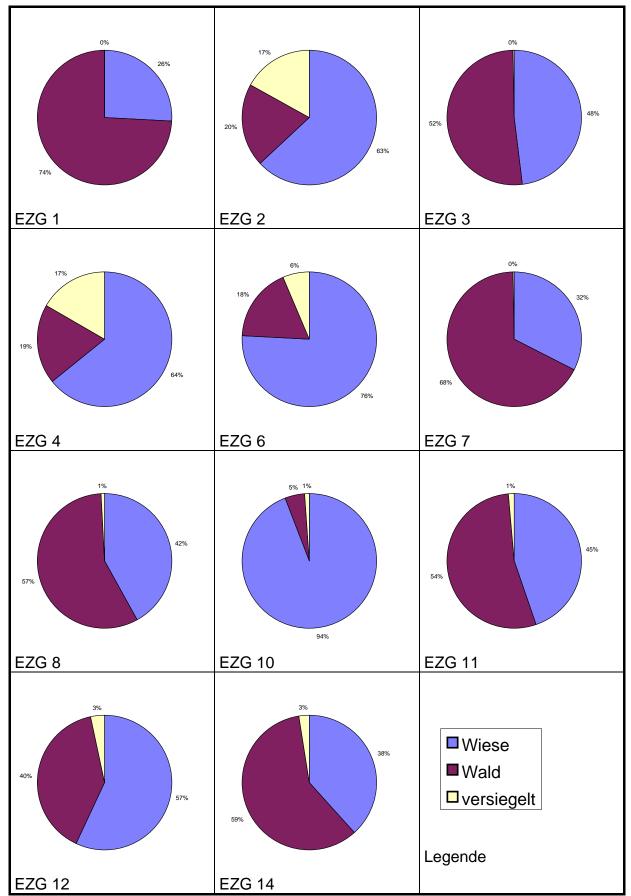


Abbildung 5: Anteile der Bewirtschaftungsarten in den Teileinzugsgebieten

2.4 Hydrologie

Die vorhandenen Niederschlagsdaten stammen aus den Hydrographischen Jahrbüchern des Hydrographischen Zentralbüros im Bundesministerium für Landund Forstwirtschaft aus den Jahren 1947 - 1990; das Jahr 1947 ergibt sich als Beginn der Beobachtungsreihe, da dies die längste mögliche ist. Der Gebietsniederschlag für das Einzugsgebiet des Ungerbachs stellen das über die Fläche gewichtete Mittel der Stationen *Pilgersdorf* (375m ü.A.) und *Zöbern* (591m ü.A.) dar; die ebenfalls in sinnvoller Entfernung zum EZG Ungersbach gelegenen Stationen *Hochneukirchen* und *Redlschlag* weisen für sinnvolle Extrapolationen zu kurze Beobachtungsreihen auf. Als Vergleichsdaten dienen die vom Amt der NÖ Landesregierung Abt. B/3-D - Hydrologie veröffentlichten Werte für Starkregen in Niederösterreich.



Abbildung 6: Lage der Niederschlagsstationen zum Einzugsgebiet Ungerbach (M 1:200.000)

2.4.1 Ermittlung des maßgeblichen Niederschlages

Aus den Hydrographischen Jahrbüchern wurden die Werte für die Tagesmaxima, die maximalen Monatssummen und die Jahressummen der einzelnen Jahre entnommen. Diese Niederschlagsreihen wurden mit dem Programm EXTREM des Programmpakets IHW statistisch ausgewertet. Dabei stellten sich eine Gumbel-Verteilung und eine log-Gumbel-Verteilung als geeignet zur Extrapolation heraus. Aus den Veröffentlichungen des Amtes der NÖ Landesregierung wurden die Werte für Gebiete mit einer mittleren extremen Tagesniederschlagshöhe (1901 - 1980) unter 60 mm gewählt. Aus dem Vergleich der Ergebnisse der extremwertstatistischen Auswertung der Daten aus den Hydrgraphischen Jahrbüchern Tagesniederschläge Tagesniederschlägen mit den den Angaben für Starkregenwerten für Niederösterreich wurden die maßgeblichen Niederschläge für das Einzugsgebiet ermittelt. Zur besseren Anpassung der Werte wurde für den Vergleich der Daten eine um 10% erhöhte log-Gumbel-Verteilung hinzugenommen.

2.4.1.1 Datenvergleich

Die ermittelten Niederschlagshöhen für Tagesniederschläge werden für die verschiedenen Jährlichkeiten gegenübergestellt, um aus diesem Vergleich geeignete Werte für die weiterführenden Berechnungen zu erhalten.

Tr [j]	Tagesnie	ederschläge [r	nm]					
	Pilg	jersdorf	Zöbern			h < 60 mm		
	Gumbel	log-Gumbel	Gumbel	log-Gumbel	Gumbel	log-Gumbel	log-Gumbel + 10%	Abt. B/3-D
5	58,82	55,36	67,40	65,87	60,54	57,46	60,34	69,12
10	68,92	66,81	77,24	78,76	70,58	69,20	72,66	
30	84,18	88,75	92,11	103,19	85,77	91,64	96,22	105,1 ⁽¹⁾
50	91,14	101,03	98,90	116,73	92,69	104,17	109,38	108,86
100	100,54	120,34	108,05	137,85	102,04	123,84	130,03	131,20
150	106,02	133,25	113,39	151,89	107,49	136,98	143,83	137,0 ⁽²⁾

(1) interpoliert (2) extrapoliert

Tabelle 3: Vergleich der Tagesniederschläge aus verschiedenen Datenquellen

Vergleich der extremwertstatistischen Auswertung der Meßdaten mit den Starkregen-Werten für NÖ

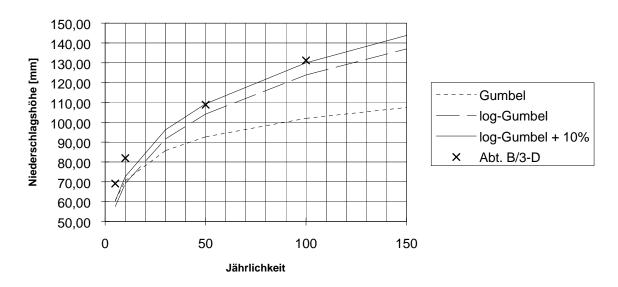


Abbildung 7: Niederschlagshöhen im Einzugsgebiet Ungerbach, bezogen auf die Jährlichkeit

Dabei kann festgestellt werden, daß für die Jährlichkeiten 50 und 100 Jahre die um 10% erhöhte log-Gumbel-Verteilung die beste Übereinstimmung mit den Werten der NÖ Landesregierung ergibt.

2.4.1.2 Ermittlung der Niederschlagsintensitäten für andere Niederschlagsdauer

Aus dem Vergleich der Daten erweist sich für die Ermittlung der Niederschlagshöhe eines 24h-Regens für Tr=150 J. eine um 10 % erhöhte log-

Gumbelverteilung zur Extrapolation am geeignetsten, da diese am besten mit den Starkregen-Werten für NÖ korreliert. Es zeigt sich jedoch auch, daß zur Ermittlung einer Jährlichkeit 150 eine doppelt-logarithmische Extrapolation der Starkregenwerte für t_D=24h ebenfalls einen sinnvollen Wert ergibt, der mit den extremwertstatistischen Auswertungen über eine um 10% erhöhte log-Gumbelverteilung gut übereinstimmt; daher wurden generell für eine Jährlichkeit 150 die Starkregenwerte Niederösterreich extrapoliert, bzw. für Tr=30 J. interpoliert, um auch für andere Niederschlagsdauer sinnvolle Werte zu erhalten. Trägt Niederschlagsintensität eines 24h-Regens über die Jährlichkeit auf logarithmischen Skalen auf, so erkennt man, daß eine Inter- bzw. Extrapolation der Werte zulässig ist. Auf diese Weise erhält man im Niederschlagsintensitätsdiagramm parallele Kurven für die einzelnen Jährlichkeiten.

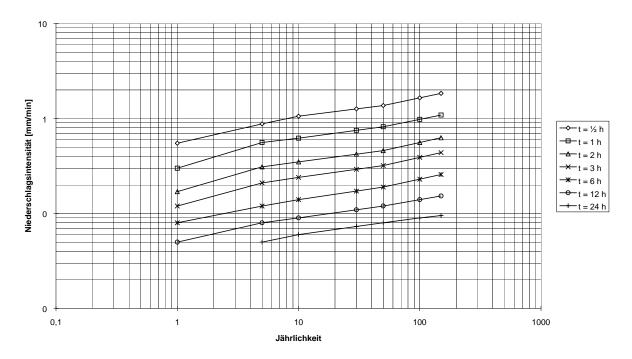


Abbildung 8: Niederschlagsintensitäten im Einzugsgebiet Ungerbach bezogen auf die Jährlichkeit

1.00

100.00

Niederschlagsdauer [min.]

1000.00

10000 00

Niederschlagsintensitätsdiagramm

Abbildung 9: Niederschlagsintensitätsdiagramm für das Einzugsgebiet Ungerbach

2.4.1.3 Festlegung der maßgeblichen Niederschlagshöhen

10.00

Auf Grund der Ergebnisse des Vergleichs der Daten für Extremniederschläge mit den extremwertstatistisch ausgewerteten Niederschlagsdaten werden zur Berechnung des Abflusses die Werte für Starkregen in Niederösterreich vom Amt der Niederösterreichischen Landesregierung Abt. B/3-D - Hydrologie herangezogen und für fehlende Jährlichkeiten inter- bzw. extrapoliert. In den weiteren Berechnungen werden die Werte für 30-, 100-, und 150-jährliche Niederschlagsereignisse verschiedener Regendauer (0.5, 1, 2, 3, 6, 12 und 24 Stunden) betrachtet und zur Ermittlung von Abflußdaten herangezogen.

h [mm]	Tr = 30 J.	Tr = 100 J.	Tr = 150 J.
$t_D = \frac{1}{2} h$	37,9	49,5	55,2
$t_D = 1 h$	45,0	58,8	65,3
$t_D = 2 h$	50,6	67,2	75,4
$t_D = 3 h$	52,6	70,2	78,8
$t_D = 6 h$	62,1	82,8	92,6
$t_{D} = 12 \text{ h}$	78,9	100,8	110,3
$t_{\rm D} = 24 \; {\rm h}$	105,1	129,6	137,0

Tabelle 4: Maßgebliche Niederschläge zur Abflußberechnung

2.4.2 Ermittlung der maßgeblichen Abflüsse

Da im Einzugsgebiet keine Abflußmessungen vorhanden sind, müssen die Abflußberechnungen rein anhand von Gebietsparametern erstellt werden.

Um die Genauigkeit zu erhöhen, bzw. um die erhaltenen Daten zu überprüfen, wurden mehrere Berechnungsmethoden angewandt. Der Abflußparameter ψ wurde mit der Methode nach LUTZ 1984 sowie mit dem SCS-Verfahren des U.S. Soil Conservation Service ermittelt. Die Abflußberechnungen wurde mit beiden erhaltenen Werten durchgeführt; zur Überprüfung der Hochwasserspitzen wurde die Hochwasserformel von KOELLA 1986 mit einem HQ $_{150}$ herangezogen.

In die Berechnung des Abflußbeiwertes gehen verschiedene flächenbezogene Gebietsparameter, sowie die Niederschlagsmenge und bei LUTZ auch die Niederschlagsdauer ein. Es muß daher für jedes Teileinzugsgebiet und Niederschlagsereignis, für das der Abfluß benötigt wird, der Abflußbeiwert getrennt berechnet werden. Zur Berechnung werden das Verfahren nach LUTZ 1984 sowie das SCS-Verfahren des U.S. Soil Conservation Service (OFNER 1987) herangezogen.

Als Grundlage für die Berechnung des Abflußbeiwertes ψ dienen die in den Kapiteln Geologie und Bewirtschaftung ermittelten Flächenaufteilungen in den jeweiligen Teileinzugsgebieten

Nach der Ermittlung des Abflußbeiwertes nach verschiedenen Methoden wurde der Abfluß über ein Regionalisierungsmodell (LUTZ 1984) berechnet.

Die Berechnung der Abflüsse wurde durch Simulation der Ereignisse in einem Flußgebietsmodell durchgeführt.

2.4.2.1 Erstellung eines Flußgebietsmodells

Das Flußgebietsmodell soll so in den Ungerbach eingepaßt werden, daß an den entscheidenden Stellen Abflußganglinien erstellt werden können. Als wichtige Knotenpunkte sind Einmündungen, bzw. eventuelle Standorte von Maßnahmen anzusehen.

Aus diesen Überlegungen ergab sich folgende Modellannahme:

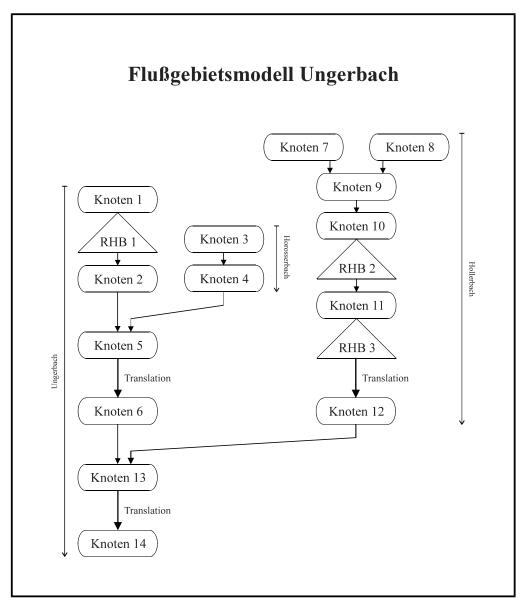


Abbildung 10: Flußdiagramm für das Flußgebietsmodell

Liste der Knotenpunkte:

- ♦ Knoten 1: Standort für Rückhaltebecken 1 im Ungerbach
- ♦ Knoten 2: Ungerbach vor Einmündung des Horosserbachs
- ♦ Knoten 3: Standort für Holzrechen im Horosserbach
- ♦ Knoten 4: Einmündung Horosserbach in den Ungerbach

- ♦ Knoten 5: Zusammenfluß Knoten 2+4
- ♦ Knoten 6: Ungerbach vor Einmündung des Hollerbachs
- ♦ Knoten 7: Einmündung rechter Quellgraben in den Hollerbach
- ♦ Knoten 8: Einmündung linker Quellgraben in den Hollerbach
- ♦ Knoten 9: Zusammenfluß Knoten 7+8
- ♦ Knoten 10: Standort für Rückhaltebecken 2 im Hollerbach
- ♦ Knoten 11: Standort für Rückhaltebecken 3 im Hollerbach
- ♦ Knoten 12: Einmündung Hollerbach in den Ungerbach
- ♦ Knoten 13: Zusammenfluß Knoten 6+12
- ◆ Knoten 14: Ungerbach hm0; Einmündung in den Zöbernbach

An diesen Stellen wurde nach den oben beschriebenen Methoden die Abflußganglinien berechnet, um eine Grundlage für den Datenvergleich zu erhalten.

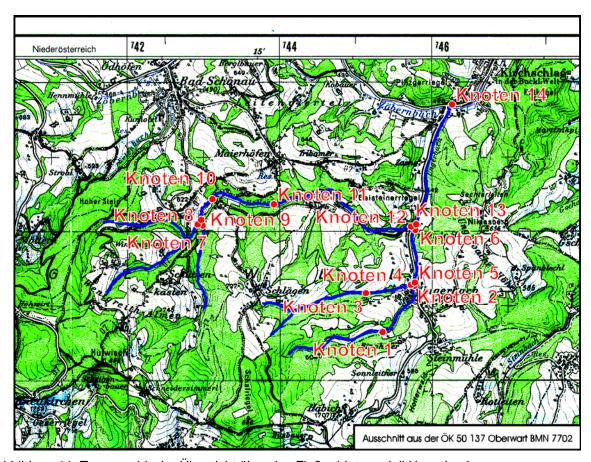


Abbildung 11: Topographische Übersicht über das Flußgebietsmodell Ungerbach

2.4.2.2 Ermittlung des Abflußbeiwerts nach LUTZ 1984

LUTZ (1984) hat auf der Basis von ca. 400 Niederschlagsereignissen ein Regionalisierungsmodell für den Gebietsrückhalt aufgestellt. Dieses Modell

beschreibt den Gebietsrückhalt eines Einzugsgebiets über gebiets- und ereignisspezifische Parameter.

Es gehen in die Berechnung folgende Parameter ein:

- ◆ A_V Anfangsverlust für unversiegelte Flächen [mm]
- ◆ A'_v Anfangsverlust für versiegelte Flächen [mm]
- ♦ c Endabflußbeiwert [-]
- ♦ A_E Einzugsgebietsfläche [km²]
- ◆ A_{E, s} versiegelte Einzugsgebietsfläche [km2]
- ψ_s Abflußbeiwert für versiegelte Flächen [-]
- ♦ WZ Wochenzahl
- ♦ q_B Basisabfluß vor dem Niederschlag [l/s/km²]
- ◆ t_D Niederschlagsdauer [h]
- ◆ C1 C4 gebietsabhängige Parameter [-]

wobei sich der Anfangsverlust für unversiegelte Flächen und der Endabflußbeiwert als Funktion von Bodentyp und Nutzungsart nach den Angaben von LUTZ 1984 ergeben.

Die Gleichungen zur Berechnung des Gebietsrückhaltes R und in weiterer Folge des Abflußbeiwertes ψ lauten:

$$\begin{split} R &= N - N_{eff} = (N - (N_{eff,u} - N_{eff,s})) \\ N_{eff,u} &= \left[(N - A_V) \cdot c + \frac{c}{a} \left(e^{-a(N - A_V)} - 1 \right) \right] \cdot \frac{A_E - A_{E,s}}{A_E} \\ N_{eff,s} &= (N - A_V') \cdot \psi_s \cdot \frac{A_{E,s}}{A_E} \\ a &= C1 \cdot e^{\frac{-C2}{WZ}} \cdot e^{\frac{-C3}{q_B}} \cdot e^{-C4 \cdot t_D} \\ \psi &= \frac{N_{eff}}{N} \end{split}$$

wobei folgende Werte auftreten:

- N_{eff} abflußwirksamer Niederschlag [mm]
- N_{eff,u} abflußwirksamer Niederschlag von unversiegelten Flächen [mm]
- ♦ N_{eff,s} abflußwirksamer Niederschlag von versiegelten Flächen [mm]
- ◆ R Gebietsrückhalt [mm]
- ♦ a Proportionalitätsfaktor [-]

Es wurde in jedem Teileinzugsgebiet für die jeweils benötigte Niederschlagsdauer der Abflußbeiwert getrennt berechnet, wobei folgende Parameter für das gesamte Einzugsgebiet des Ungerbachs - gemäß Vorschlag LUTZ 1984- gleich gewählt wurden:

- ♦ WZ = 2
- \bullet C1 = 0,02
- ◆ C2 = 2
- ◆ C3 = 2
- C4 = 0
- ♦ A'_V = 1 mm
- ϕ $\psi_s = 1$

Die restlichen Parameter ergaben sich durch Ermittlung der flächenbezogenen Parameter im GIS.

2.4.2.3 Ermittlung des Abflußbeiwerts nach dem SCS-Verfahren des U.S. Soil Conservation Service (OFNER 1987)

Hier gehen in die Berechnung nur die Niederschlagshöhe und eine Gebietskenngröße CN ein. Der CN-Wert ergibt sich als Funktion von Bodentyp, Landnutzung und Vorbefeuchtung des Bodens.

Der abflußwirksame Niederschlag (Effektivniederschlag) N_{eff} ergibt sich als Funktion des Niederschlages N und des CN-Wertes folgendermaßen:

$$N_{eff} = \frac{\left(N - \frac{5080}{CN} + 50,8\right)^2}{N + \frac{20320}{CN} - 203,2}$$

Danach ergibt sich der Abflußbeiwert w nach der üblichen Formel:

$$\psi = \frac{N_{eff}}{N}$$

Der CN-Wert wurde für jedes Teileinzugsgebiet als gewichtete Größe über die Flächenanteile der Bodentypen und Nutzungsarten ermittelt. Weiters wurde zwischen verschiedener Vorbefeuchtetung zum Zeitpunkt des Ereignisses unterschieden Es mußte wieder für jedes Niederschlagsereignis der zugehörige Abflußbeiwert in jedem Teileinzugsgebiet ermittelt werden. Dabei ergaben sich aus den Flächendaten im GIS nach Gewichtung folgende CN-Werte:

EZG	CN, II	CN, II-III.	CN, III.
1	70	77	85
2	77	83	90
3	66	73	81
4	76	81	88
6	74	80	88
7	69	76	84
8	72	79	87
10	70	77	85
11	68	75	83
12	69	76	84
14	72	79	87

Tabelle 5: CN-Werte der Teileinzugsgebiete

Mit diesen CN-Werten wurde der Abflußbeiwert ψ wieder für die maßgeblichen Niederschlagsereignisse getrennt berechnet.

2.4.2.4 Graphische Gegenüberstellung der errechneten Abflußbeiwerte

Die unterschiedlichen Werte für den Abflußbeiwert ψ nach den verschiedenen Berechnungsverfahren werden im folgenden zum besseren Vergleich für die einzelnen Teileinzugsgebiete graphisch dargestellt.

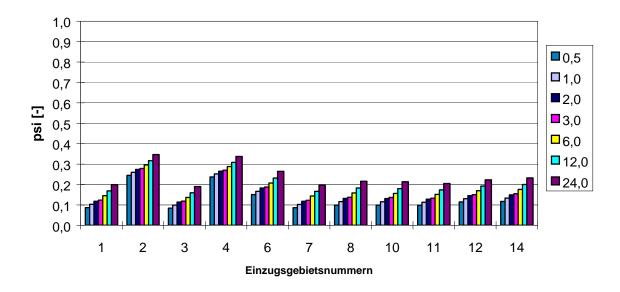


Abbildung 12: Gegenüberstellung der Abflußbeiwerte ψ für verschiedene Niederschlagsereignisse, Berechnungsverfahren nach LUTZ 1984

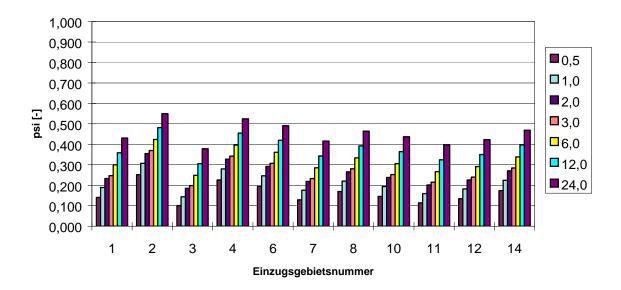


Abbildung 13: Gegenüberstellung der Abflußbeiwerte ψ für verschiedene Niederschlagsereignisse, SCS-Verfahren Bodenfeuchteklasse II

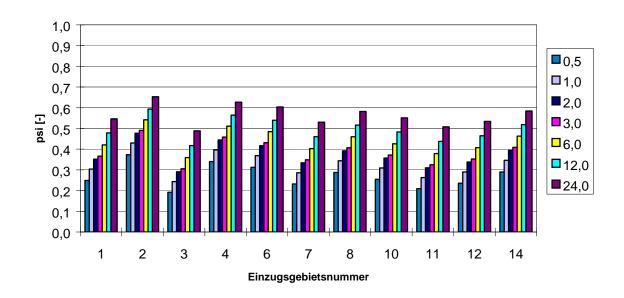


Abbildung 14: Gegenüberstellung der Abflußbeiwerte ψ für verschiedene Niederschlagsereignisse, SCS-Verfahren Bodenfeuchteklasse II - III

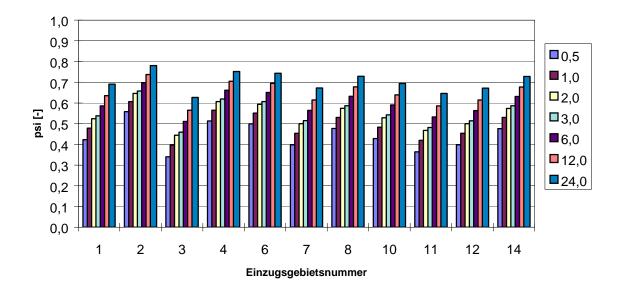


Abbildung 15: Gegenüberstellung der Abflußbeiwerte ψ für verschiedene Niederschlagsereignisse, SCS-Verfahren Bodenfeuchteklasse III

2.4.2.5 Ermittlung von Ganglinien und Abflußdaten über das Regionalisierungsmodell

gemessenen Abflußdaten vorhanden die keine sind wurde Einheitsganglinie über ein Regionalisierungsmodell ermittelt. Die Berechnung erfolgte im Flußgebietsmodell des Programmpaketes IHW des Inst. f. Hydrologie u. Karlsruhe Wasserwirtschaft an der Univ. (TH). Dabei wurde Regionalisierungsmodell nach LUTZ 1984 angewendet.

In die Berechnung gehen folgende Parameter, die soweit es sich um flächenbezogene Werte handelt im GIS ermittelt wurden, ein:

- ◆ P1 Gebietsfaktor nach LUTZ 1984 [-]
- ◆ L Länge des Hauptvorfluters [km]
- ◆ L_C Länge des Hauptvorfluters bis zum Gebietsschwerpunkt [km]
- ♦ IG Gewogenes Gefälle [m/m]
- ♦ U Bebauungsanteil [%]
- ♦ W Waldanteil [%]
- ♦ M Monat in dem das Ereignis stattfindet

Der Gebietsfaktor P1 stellt eine Funktion aus Bebauungsgrad des Einzugsgebiets und Verbauungsgrad des Haupvorfluters dar. Die Werte für P1 wurden nach Vorschlägen von LUTZ 1984 gewählt.

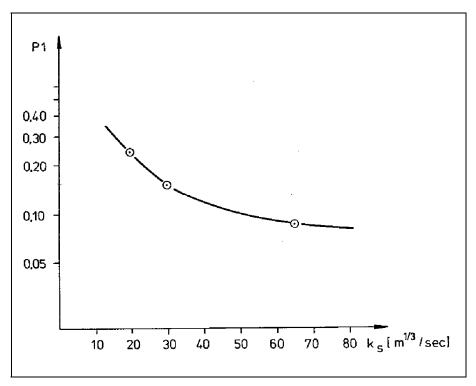


Abbildung 16: Ermittlung des P1-Wertes in Abhängigkeit vom Rauhigkeitsbeiwert des Gewässers (LUTZ 1984)

Außer der Einheitsganglinie werden zur Berechnung von Abflüssen folgende Daten benötigt:

- ♦ Einzugsgebietsfläche [km²]
- Anfangsverlust [mm]
- ♦ mittlerer Abflußbeiwert [-]

Daraus ergeben sich für die einzelnen Teileinzugsgebiete und die einzelnen Niederschlagsereignisse folgende Ausgangsdaten für die Abflußberechnung:

EZG	A_V	A_{E}	U	W	IG	L	L _C
	[mm]	[km²]	[%]	[%]	[m/m]	[m]	[m]
1	3,31	1,76	0,00	74,13	0,072	1917	1278
2	4,32	0,67	17,01	20,22	0,073	928	309
3	3,96	1,07	0,17	51,93	0,099	1483	1112
4	4,38	0,27	16,57	19,40	0,056	670	335
6	4,37	0,50	6,47	17,96	0,034	794	397
7	3,58	3,03	0,15	67,59	0,052	2586	1724
8	3,36	2,04	0,78	57,76	0,084	1702	1276
10	4,25	0,18	1,07	4,94	0,037	389	195
11	3,76	0,85	1,39	54,02	0,023	912	456
12	4,06	2,75	3,22	40,05	0,023	2217	1109
14	3,23	1,82	2,64	59,48	0,017	1815	1089

Tabelle 6: Ausgangsdaten für das Regionalisierungsmodell

2.4.2.6 Ermittlung des Spitzenabflusses mit der Hochwasserformel nach KOELLA 1986

Bei der Hochwasserformel nach KOELLA 1986 handelt es sich um eine Methode zur Berechnung von Hochwasserspitzen für kleine Einzugsgebiete, für die keine Abflußdaten vorhanden sind. Anhand von Untersuchungen in der Schweiz versuchte KOELLA eine Hochwasserformel zu entwickeln, die auf den Eigenschaften des Einzugsgebiets aufbaut. Dabei wurde vor allem der effektiv zu einem Hochwasserereignis beitragenden Fläche hohe Bedeutung beigemessen.

Die von KOELLA vorgeschlagene Formel lautet:

$$HQ_x = (r_x(TR_x) - f_x) \cdot FL_{eff_x}$$

oder detailliert ausgeschrieben:

$$HQ_x = \left(r_x \left(T1_x + T2_x\right) + r_s - f_x\right) \cdot \left(FL_{eff_x} + FL_b\right) \cdot k_{Gang} + Q_{Gle(x)}$$

wobei folgende Bezeichnungen gelten:

♦ HQ_x: x-jährlicher Hochwasserabfluß [m³/s]

◆ r_x(T): x-jährliche Intensität eines Blockregens der Dauer T [mm/h]

◆ TR_x: Maßgebende Regendauer für den x-jährlichen Spitzenabfluß [h]

◆ T1_x: Benetzungszeit [h]

◆ T2_x: Totale Fließzeit [h]

• r_s: Schmelzwasseräquivalent von Schnee [mm/h]

♦ f_x: Verlust [mm/h]

♦ FLeff_x: Fläche, die effektiv zu einem x-jährlichen Hochwasser beiträgt

♦ Fl_b: Befestigte Fläche [km²]

♦ k_{Gang}: Beschreibt abflußerhöhenden Effekt einer Regenganglinie [-]

♦ Q_{Gle(x)}: Gletscherabflußanteil

In der vereinfachten Form kann nach Untersuchungen von KOELLA 1986 folgende Formel zur Hochwasserberechnungen herangezogen werden:

$$HQ_x = r_x (T1_x + T2_x) \cdot FL_{eff_x}$$

Die Berechnung erfolgte mit dem Programm KOELLA des Amtes für Gewässerschutz des Kantons Zürich. Als Eingaben gehen ins Programm. Die Fläche des Einzugsgebietes, die kumulative Gerinnelänge, der maximale Tagesniederschlag sowie ein Basiswert ein. Der Basiswert ist eine Funktion der Landschaftscharakteristik, der Reliefformen, der Geologie und des Bodens. Da die Zuordnung des Basiswertes an Hand von Beispielen aus der Schweiz erfolgte, wurden die drei für das Gebiet der Buckligen Welt am besten passenden ausgewählt.

Die Berechnung des Hochwasserabflusses wurde an den Knoten 5, 12: und 14 durchgeführt, da damit die charakteristischen Einzugsgebiete Ungerbach

Oberlauf, Hollerbach sowie das Gesamteinzugsgebiet Ungerbach beschrieben sind. Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

	Fläche EZG	Kum. Länge	max. Tages-	FL_{eff}	HQ ₁₅₀	HQ ₁₅₀	HQ ₁₅₀
			niederschlag		Basiswert B	Basiswert C	Basiswert D
	[km²]	[km]	[mm]	[km²]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
Knoten 5	3,8	5,0	137,0	0,67	12,9	12,0	11,0
Knoten 12	8,8	7,8	137,0	1,08	19,4	17,8	16,5
Knoten 14	14,9	15,4	137,0	2,24	36,0	33,4	31,2

Tabelle 7: Hochwasserberechnung nach KOELLA 1986

2.4.2.7 Gegenüberstellung der Ereignisse

Da keine Abflußdaten vorhanden sind, sind alle Ergebnisse stark von der Berechnungsmethode und deren Eignung für das Einzugsgebiet abhängig. Daher muß aus den vorhandenen Ergebnissen das sinnvollste ausgewählt werden. Es wurde den Berechnungen über das Flußgebietsmodells die Hochwasserformel nach KOELLA 1986 gegenübergestellt; als weiterer Vergleichswert dienen die vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland im Rahmen der Erstellung des Gefahrenzonenplans für die Gemeinde Kirchschlag i.d. Buckligen Welt ermittelten Hochwasserwerte für das Einzugsgebiet Ungerbach.

Für die Knotenpunkte 5, 12 und 14 ist das Ergebnis graphisch dargestellt.

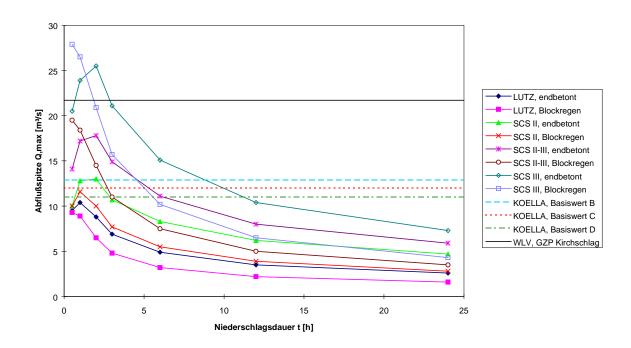


Abbildung 17: Vergleich der Abflußspitzen der verschiedenen Berechnungsverfahren mit Hochwasserformeln für den Knoten 5

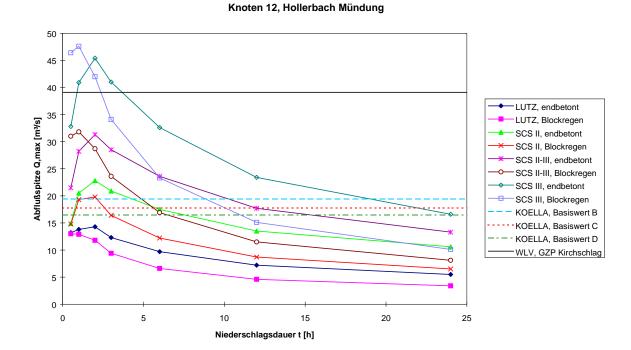


Abbildung 18: Vergleich der Abflußspitzen der verschiedenen Berechnungsverfahren mit Hochwasserformeln für den Knoten 12

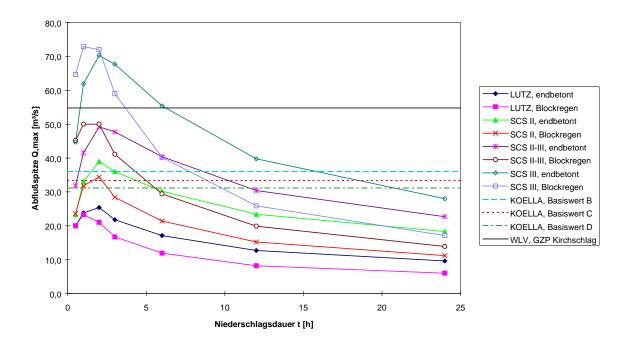


Abbildung 19: Vergleich der Abflußspitzen der verschiedenen Berechnungsverfahren mit Hochwasserformeln für den Knoten 14

2.4.2.8 Vergleich der errechneten mit den vom Forsttechnischen Dienst ermittelten Werten

Im folgenden sind die Werte der verschiedenen Berechnungsverfahren und die vom Forsttechnischen Dienst ermittelten in tabellarischer Form gegenübergestellt.

	LUTZ 1984	SCS-	SCS-	SCS-	KOELLA	WLV
Q_{max} [m ³ /s]		Verfahren	Verfahren	Verfahren	1986	GZP
		Bodenf.kl. II	Bodenf.kl. II-III	Bodenf.kl. III		Kirchschlag
Knoten 5	12,6	16,1	19,5	27,9	13,6	21,7
Knoten 12	114,3	22,8	31,7	47,6	17,8	39,1
Knoten 14	25,4	39,0	50,0	72,9	36,0	54,8

Tabelle 8: Vergleich der Hochwasserspitzen der Verschiedenen Berechnungsmethoden

Für die weiteren Berechnungen die Bemessung und von Hochwasserschutzmaßnahmen werden die Ergebnisse des SCS-Verfahrens herangezogen, da sich auch im Vergleich mit anderen Hochwasserformeln sinnvolle Werte ergeben und die Annahme der höheren Werte zur Bemessung für die Maßnahmen mehr Sicherheit garantieren. Um den Katastrophenfall sicher abdecken zu können ist es sinnvoll, dabei die Berechnung unter Berücksichtigung von Vorbefeuchtung heranzuziehen, um auch beim kurzfristig hintereinander Auftreten von Starkregen auf der sicheren Seite zu sein. Dabei werden die Daten für Bodenfeuchteklasse II-III gewählt, da die Werte für Bodenfeuchteklasse III bei kurzen Niederschlägen unrealistisch hohe Werte ergeben.

2.4.2.9 Abflußbeiwerte für die maßgeblichen Jährlichkeiten und Ereignisse

Nachdem für die Jährlichkeit 150, die die höchsten Abflußmengen bringt, das geeignete Verfahren gewählt wurde, können nun auch die Abfllüsse für die beiden anderen Jährlichkeiten 30 und 100 Jahre nach demselben Verfahren ermittelt werden.

Die Gebietskennwerte können aus den Berechnungen für 150-jährliche Ereignisse übernommenwerden, die Abflußbeiwerte wurden für die geänderten Niederschlagshöhen neu berechnet. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind im Anhang tabellarisch dargestellt.

Aus diesen Berechnungen ergeben sich die Abflußbeiwerte für die verschiedenen Jährlichkeiten, aus denen die Bemessungsabflüsse für geplante Maßnahmen ermittelt werden.

2.4.2.10 Gewählte Bemessungsabflüsse

Nun wurden für die berechneten Jährlichkeiten die Ganglinien für die maßgeblichen Ereignisse erstellt. Zusätzlich zu den verschiedenen Niederschlagsdauern wurden zwei Arten der Niederschlagsverteilung angenommen (endbetonte Verteilung und Blockregen). Aus den Ganglinien kann die jeweilige Hochwasserspitze als Bemessungsabfluß herangezogen werden. Nachfolgend sind die maximalen Abflüsse für die jeweiligen Knoten tabellarisch dargestellt.

Knoten im FGM	Tr = 30 J		Tr=	100 J.	Tr = 150 J.		
	HQ-Spitze [m³/s]	Ereignis	HQ-Spitze [m³/s]	Ereignis	HQ-Spitze [m³/s]	Ereignis	
1	4,4	1h, Blockr.	6,1	1h, Blockr.	7,4	1h, Blockr.	
2	7,7	1h, Blockr.	10,4	0,5h, Blockr.	12,6	0,5h, Blockr.	
3	2,4	2h, endbet.	3,5	1h, endbet.	4,4	0,5h, Blockr.	
4	3,9	1h, endbet.	5,5	0,5h, Blockr.	6,9	0,5h, Blockr.	
5	11,4	1h, endbet.	15,9	0,5h, Blockr.	19,5	0,5h, Blockr.	
6	14,3	1h, endbet.	19,7	0,5h, Blockr.	24,2	0,5h, Blockr.	
7	6,1	1h, Blockr.	8,3	1h, Blockr.	10,2	1h, Blockr.	
8	6,3	1h, Blockr.	8,8	0,5h, Blockr.	10,9	0,5h, Blockr.	
9	12,5	1h, Blockr.	16,7	1h, Blockr.	20,3	1h, Blockr.	
10	12,8	1h, Blockr.	17,2	1h, Blockr.	20,9	1h, Blockr.	
11	14,6	1h, Blockr.	19,9	1h, Blockr.	24,3	1h, Blockr.	
12	18,8	1h, Blockr.	25,8	1h, Blockr.	31,7	1h, Blockr.	
13	27,1	1h, Blockr.	36,2	1h, Blockr.	44,2	2h, Blockr.	
14	31,0	1h, Blockr.	41,0	1h, Blockr.	50,0	2h, Blockr.	

Tabelle 9: Bemessungsabflüsse an den Knoten des Flußgebietsmodells

Für die charakteristischen Einzugsgebiete bei Knoten 5, 12 und 14 werden die Ganglinien im Anhang graphisch dargestellt.

2.5 Bachgeschichte

Am Ungerbach kam es bereits mehrmals zu Hochwasserereignissen, über die verschiedene Aufzeichnungen vorhanden sind, bzw. über die es Aussagen der ortsansässigen Bevölkerung gibt.

Das erste von Anrainern erwähnte Hochwasser fand im Jahr 1938 statt; dabei trat vor allem der Hollerbach über die Ufer. Zu diesem Ereignis können anhand der Angaben Ortsansässiger keine genauen Aussagen über die Abflußfracht oder die Jährlichkeit gemacht werden. Dieses Hochwasser wird auch in der Hochwassermeldung Nr. 7 aus dem Jahr 1982 des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Südliches Niederösterreich und Burgenland erwähnt.

In den Hochwassermeldungen Nr. 18 aus dem Jahr 1975 und Nr. 7 aus dem Jahr 1982 der oben genannten Dienststelle wird ein Hochwasser im Jahr 1965 erwähnt, zu dem keine weiteren Details bekannt sind.

Die Hochwassermeldungen Nr. 18 aus dem Jahr 1975 des Forsttechnischen Dienstes beschreibt ein Hochwasser am 18. und 19. Juli 1978. Der Durchfluß bei hm 0,3 wurde mit 15 m³/s angeschätzt, als Jährlichkeit wurden 30 - 50 Jahre angenommen. Die Ursache des Hochwassers war ein kurzer Starkregen, als Schäden werden im Mittellauf Geschiebeablagerungen außerhalb des Bachbettes erwähnt, die aus Seitenschurf und Uferanbrüchen stammen. Die Ursache des Hochwassers war ein Niederschlagsereignis mit einer Dauer von 5,5 h und einer Niederschlagshöhe von ca. 110 mm.

In der Hochwassermeldung Nr. 7 aus dem Jahr 1982 der oben genannten Dienststelle wird ein Hochwasser im Jahr 1978 erwähnt, zu dem keine weiteren Details bekannt sind.

Die Hochwassermeldungen Nr. 7 aus dem Jahr 1982 des Forsttechnischen Dienstes beschreibt ein Hochwasser am 7. August 1982. Der Durchfluß bei hm 0,8 betrug ca. 45 m³/s, der Abfluß aus dem Hollerbach ca. 30 m³/s. Die Jährlichkeit wurde mit 50 - 100 Jahren angeschätzt. Es kam zu größerem Geschiebeabtrag durch Seitenschurf und Tiefenschurf und zur Ablagerung des Geschiebes außerhalb des Bachbettes und im Vorfluter.

In der Postenchronik des Gendarmerieposten Kirchschlag i.d. Buckligen Welt wird am 26. August 1982 ein Hochwasser angeführt, bei dem es zur Überflutung der Landeshauptstraße 147 im Bereich zwischen Ungerbach und Kirchschlag kam. Aus Aussagen der ortsansässigen Bevölkerung geht hervor, daß im Jahr 1982 der Oberlauf des Ungerbachs zum letzten mal im Siedlungsbereich Ungerbach über die Ufer trat und Schäden an Gebäuden verursachte. Bei diesem Ereignis kam es auch zu Schäden im Mündungsbereich des Hollerbachs und um hm 30 am Hollerbach.

Im Jahr 1992 kam es zu einem Hochwasser bei dem jedoch nur der Weg entlang des Anwesens Ungerbach 13 leichte Schäden davontrug.

2.6 Verbauungsgeschichte

Die ersten Verbauungen am Ungerbach wurden im Jahr 1961 vom Forsttechnischen Dienst für Wildbachverbauung durchgeführt. Es wurde der Mündungsbereich von hm 0,0 - 1,0 durch eine linksufrige Steinmauer und Sohlschwellen gesichert.

Im Jahr 1992 wurden im Rahmen des Erweiterten Betreuungsdienstes im Hollerbach von hm 17 bis hm 22 Bachraümungen durchgeführt und die Ufer mit Grobstenschlichtungen gesichert.

Das vorliegende Projekt ist das erste, daß sich mit dem gesamten Einzugsgebiet des Ungerbachs beschäftigt und Hochwasserschutzmaßnahmen vorsieht.

3 Verbauungsziel und Verbauungsgrundgedanke

3.1 Verbauungsziel

Der Ungerbach kann vor allem im Unterlaufbereich bei Extremereignissen den Abfluß nicht fassen und tritt daher über die Ufer. Dies führt zu Überschwemmungen in den Ortsteilen Ungerbach, Unterdorf und im Kreuzungsbereich Bundesstraße 55 -Landeshauptstraße 147, sowie zur teilweisen Überflutung der Landeshauptstraße 147. Wesentlich am auftretenden Hochwasserabfluß ist der rechtsufrige Zubringer Hollerbach beteiligt, dessen Einzugsgebiet mit 8,8 km² 59.1 Gesamteinzugsgebiet des Ungerbachs ausmacht. Das Ziel der zu projektierenden Verbauungsmaßnahmen ist es, diese Überschwemmungen zu verhindern, bzw. so gering als möglich zu halten und dadurch den bei Extremereignissen auftretenden Schaden zu minimieren.

Dem Schutz der Siedlungsgebiete sowie des Mündungsbereichs, wo Gewerbebetriebe angesiedelt sind, kommt dabei vorrangige Bedeutung zu. Das Ziel der Verbauung in diesem Bereich ist es, Schäden am Straßenzustand durch lokale Uferschutzmaßnahmen zu verhindern, jedoch wird eine kurzfristige Verkehrsunterbrechung durch Überflutung nicht ganz verhindert werden können.

Für den Ortsbereich Ungerbach sind weiters Maßnahmen zu überlegen, die eine Verklausung durch Wildholz im und unmittelbar vor dem besiedelten Raum sinnvoll verhindern, da es dadurch zu unkontrollierten Überflutungen kommen kann.

3.2 Verbauungsgrundgedanken

Da im unmittelbar gefährdten Bereich die räumlichen Voraussetzungen für eine schadlose Abführung des Hochwasserabflusses nicht gegeben sind, müssen die Verbauungsmaßnahmen in den Oberläufen des Ungerbachs und des Hollerbachs angesetzt werden. Weiters ist zu beachten, daß alle abflußbeschleunigenden Maßnahmen wie Begradigungen und Künettierungen im Unterlauf des Ungerbachs zur Erhöhung der Abflußfracht im Mündungsbereich führen und daher als Schutzmaßnahmen entlang der LH 147 sowie im Ortsbereich Ungerbach nicht geeignet sind.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Hochwasserfrachten in den nicht besiedelten oberen Bereichen der Einzugsgebiete von Ungerbach und Hollerbach zurückzuhalten und dosiert an den Unterlauf abzugeben. Dies soll durch Retentionsmaßnahmen in den Grabenbereichen erreicht werden. Als geeignet erscheinen im Ungerbach der Bachabschnitt ab hm 32 sowie im Hollerbach der Bachabschnitt von hm 17 bis hm 39. Der dritte bedeutende Zubringer Horasserbach weist auf der gesamten Lauflänge keine sinnvollen Retentionsräume auf, es kann jedoch bei geeigneten Maßnahmen im Oberlauf des Ungerbachs auf Retentionsmaßnahmen in diesem Bereich verzichtet werden.

Bei geeigneter Durchführung der Rückhaltemaßnahmen, beschränkt sich die Verbauung im Unterlauf des Ungerbachs auf lokale Ufersicherungen zum Schutz der Straße sowie auf lokale Schutzmaßnahmen im unmittelbaren Ortsbereich Ungerbach. Im Straßenbereich müssen kurzfristige Überflutungen in Kauf genommen werden, da hier der Verbauungsaufwand im Verhältnis zum erzielten Nutzen in keiner sinnvollen Relation steht. Zum Schutz vor Verklausungen unmittelbar im oder vor dem Ortsbereich Ungerbach sind Maßnahmen zum Rückhalt von Wildholz im Oberlauf des Horosserbachs vorzusehen. Die Maßnahmen sollen den Rückhalt von Wildholz im oberen Bachabschnitt bewirken und dadurch den unmittelbaren Siedlungsbereich vor den Folgen von Verklausungen schützen.

3.3 Geplante Maßnahmen

Aus den Überlegungen zum Verbauungsziel und dem Verbauungsgrundgedanken werden folgende Schutzverbauungen als Maßnahmen vorgeschlagen:

- ♦ Hochwasserrückhaltebecken im Oberlauf des Ungerbachs bei hm 34,0 zum Schutz des Siedlungsraums Ungerbach und
- ♦ Ausbau der Furt bei hm 32,0
- Wildholzrechen im Horosserbach zum Schutz des Siedlungsraums Ungerbach
- ◆ Lokaler Uferschutz im Ortsbereich Ungerbach
- ♦ Hochwasserrückhaltebecken im Hollerbach bei hm 21,55 in Kombination mit
- Hochwasserrückhaltebecken im Hollerbach bei hm 30,5 zum Schutz des Siedlungsraums Unterdorf und der Landeshauptstraße 147 sowie des Mündungsbereichs
- ♦ lokale Schutzmaßnahmen im Unterlauf Ungerbach zum Schutz der Landeshauptstraße 147

4 Beschreibung und Begründung der vorgeschlagenen Maßnahmen

Nach Rücksprache mit der Bauleitung werden auf Grund der bisher ermittelten Werte folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

POST 1: Rückhaltebecken am Ungerbach bei hm 34,00, als Damm mit Betondichtkern, und Betriebsauslaß in Form einer Schlitzsperre mit Tauchwand. Die Sicherung des Einlaufbauwerkes erfolgt in Grobsteinschlichtung, bachabwärts werden Sohlgurten in Grobsteinschlichtung als Erosionsschutz und zur Stabilisierung des Gewässerbettes angelegt. Das Bauwerk wird in der Folge als *Hochwasserrückhaltebecken Ungerbach Oberlauf* bezeichnet, die hydraulischen Berechnungen befinden sich im Kapitel 4.1.

POST 2: Wildholzrechen im Horosserbach bei hm 6,5

POST 3: Rückhaltebecken am Hollerbach bei hm 21,55, als Damm mit Betondichtkern, und Betriebsauslaß in Form einer Schlitzsperre mit Tauchwand. Bei diesem Becken werden in der Tauchwand zwei Auslässe angeordnet um das rechtsufrige Vorland mit Restwasser zu dotieren, um dort die Auwalddynamik zu erhalten. Die Sicherung des Einlaufbauwerkes erfolgt in Grobsteinschlichtung, bachabwärts wird eine Rampe in Grobsteinschlichtung als Erosionsschutz und zur Stabilisierung des Gewässerbettes angelegt. Das Bauwerk wird in der Folge als *Hochwasserrückhaltebecken Erlenbruchwald* bezeichnet, die hydraulischen Berechnungen befinden sich im Kapitel 4.3.

POST 4: Rückhaltebecken am Ungerbach bei hm 30,55, als Damm mit Betondichtkern, und Betriebsauslaß in Form einer Schlitzsperre. Der vorhandene Straßendamm wird erhöht und der Rohrdurchlaß durch eine Schlitzsperre ersetzt. Über dem Durchlaßbauwerk wird eine Brücke angelegt. Die Sicherung des Einlaufbauwerkes erfolgt in Grobsteinschlichtung, bachabwärts wird das Gewässerbett durch eine Rampe Grobsteinschlichtung stabilisiert und gegen Erosion gesichert. Das Bauwerk wird in der Folge als *Hochwasserrückhaltebecken Hollerbach Fischteiche* bezeichnet, die hydraulischen Berechnungen befinden sich im Kapitel 4.2.

Eine detaillierte Beschreibung der vorgeschlagenen Baumaßnahmen ist der Planbeilage zu entnehmen, die hydraulische Bemessung den folgenden Kapiteln.

4.1 Hochwasserrückhaltebecken Ungerbach Oberlauf

Standort des Beckens: Ungerbach, hm 34,0

Knoten im FGM: Knoten 1

Bezeichnung im FGM: Ungerbach HRB 1

Das Rückhaltebecken Ungerbach Oberlauf hat die Aufgabe, die Hochwasserwelle im Bereich des Siedlungsraums Ungerbach zu dämpfen. Eine abflußmindernde Wirkung im Unterlaufbereich ist kaum noch gegeben, da das Einzugsgebiet an dieser Stelle im Verhältnis zum Gesamteinzugsgebiet des Ungerbachs - vor allem durch das große Einzugsgebiet des linksufrigen Zubringers Hollerbach, der mit 8,8 km² 59,1 % des Gesamteinzugsgebietes ausmacht - unbedeutend ist.

4.1.1 Konstruktionsprinzip

Der Grundablaß wird in Form einer Schlitzsperre mit einer Tauchwand ausgeführt; der Durchlaß liegt in der Bachachse, die Öffnung soll bei minimaler Höhe breit ausgelegt werden um eine möglichst naturnahe Sohlausbildung zu ermöglichen.

Die Hochwasserentlastungsanlage soll über eine Dammscharte in Bachachse ausgeführt werden. Als Tosbecken dient gleichzeitig das Tosbecken des Grundablasses.

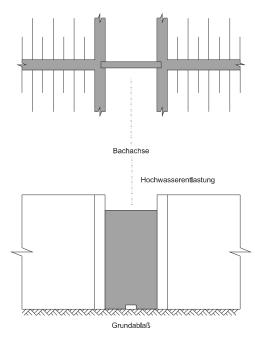


Abbildung 20: Konstruktionsprinzip des HRB 1

4.1.2 Hydrologische Grundlagen

Als Bemessungsgrundlage dienen die Abflußganglinien des erstellten Flußgebietsmodells für die als maßgeblich betrachteten Niederschlagsereignisse der Jährlichkeit 100, zur Bemessung der Hochwasserentlastung werden die 150-jährlichen Ereignisse herangezogen.

Zur Anschätzung des benötigten Rückhaltevolumens, bzw. des notwendigen Regelabflusses wurde aus den Füllenkurven der einzelnen Niederschlagsereignisse die Rückhaltewirkungslinie mit Hilfe des Programms SPWIRK im Programmpaket IHW erstellt.

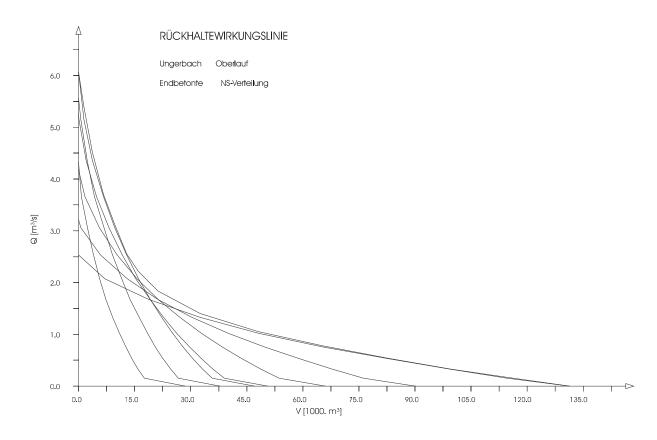


Abbildung 21: Rückhaltewirkungslinie HRB 1, endbetonte NS-Verteilung

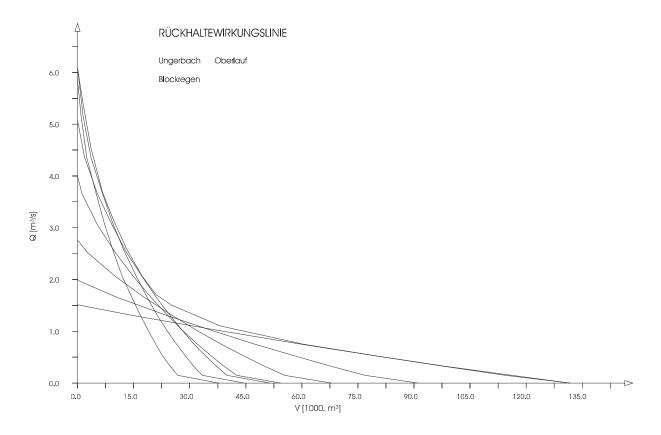


Abbildung 22: Rückhaltewirkungslinie HRB 1,Blockregen

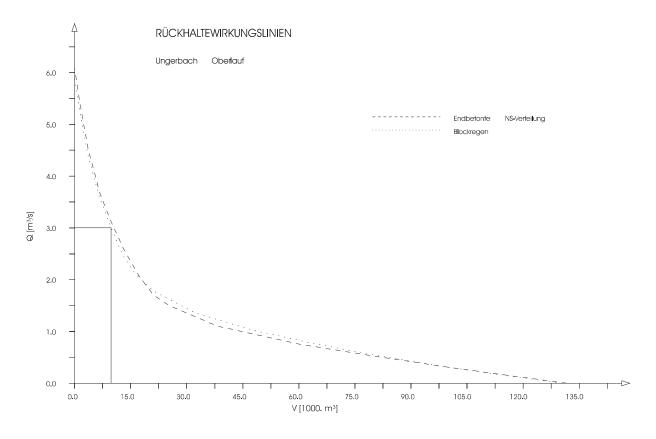


Abbildung 23: Rückhaltewirkungslinien HRB 1

4.1.3 Hydraulische Berechnungen

4.1.3.1 Bemessung des Grundablasses

Zur Bemessung des Grundablasses wurde die Formel zur Berechnung des Ausflusses aus Schützenöffnungen herangezogen. Die Ausflußöffnung soll so gewählt werden, daß der Durchfluß bei Vollstau in etwa 3 m³/s beträgt und eine maximale Dämpfung der Hochwasserspitze im Bereich des Knoten 2 erreicht wird.

Formel zur Berechnung des Durchflusses:

$$Q = \alpha a b \sqrt{2g(h_o + \frac{v_o}{2g})}$$

mit: a = lotrechte Öffnungshöhe [m]

b = Öffnungsbreite [m]

 $\alpha = Ausflußzahl [-]$

h_o = Höhe des Wasserspiegels über der Unterkante der Öffnung [m]

g = Erdbeschleunigung 9,81 m/s²

v_o = Fließgeschwindigkeit im Becken [m/s]

Die Berechnung wird vorerst für drei Varianten durchgeführt, um danach durch Vergleich der abflußmindernden Wirkung im Flußgebietsmodell eine Variante zu wählen.

Der Auslaß wird je nach Bemessungsvariante mit einer Breite $von\ b=0.75\ m$ $b=1.00\ m$ und $b=1.25\ m$ und einer Durchflußhöhe von $a=0.40\ m$ gewählt; die Ausflußzahl ergibt sich nach RÖSSERT 1988 als Wert zwischen $\alpha=0.55$ und $\alpha=0.60$ abhängig vom Verhältnis h/a

Die Geschwindigkeit v_o wird vernachlässigt, da ein stehendes Gewässer für diese Berechnung angenommen wird und somit die Energiehöhe gleich der Höhe des Wasserspiegels gesetzt wird.

Aus den Berechnungen für verschiedene Wasserstände im Becken wurden die Abflußkurven für den Grundauslaß erstellt, die dann ins Programm SEERET des Programmpakets IHW als Eingabe eingehen.

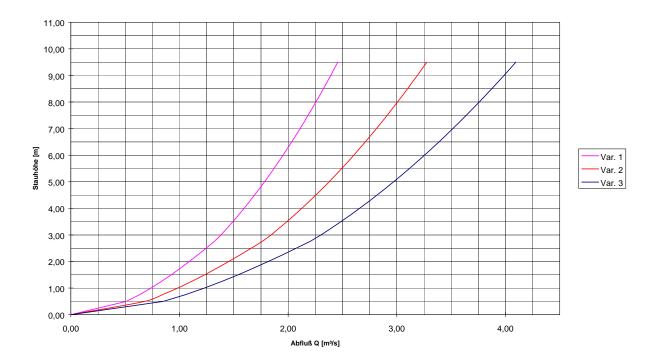


Abbildung 24: Abflußkurven für den Grundablaß HRB 1

4.1.3.2 Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage

Für die Hochwasserentlastung wird als Bemessungsereignis jenes gewählt, das die höchste Hochwasserspitze aufweist. Von den betrachteten Ereignissen erreicht ein Blockregen mit einer Niederschlagsdauer $t_D=0.5h$ die höchste Abflußspitze mit $Q=7.4~m^3/s$. Als Bemessungshochwasser wird aus Sicherheitsgründen ein Bemessungshochwasserabfluß $HQ_b=8.0~m^3/s$ gewählt.

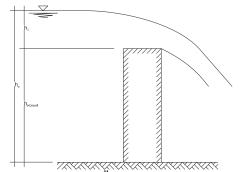


Abbildung 25: Bezeichnungen der Maße für die Überfallformel von Poleni

Zur Berechnung der Stauhöhe wird die Überfallformel von Poleni

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{ii}^{\frac{2}{3}}$$

herangezogen und nach $h_{\ddot{u}}$ aufgelöst, wobei für die Breite $b=b_{HQ\text{-}Entl}$ gesetzt wird. Dadurch ergibt sich

$$h_{ii} = \left(\frac{3Q}{2\mu \cdot b_{HQ-Entl} \cdot \sqrt{2g}}\right)^{\frac{3}{2}}$$

$$h_{o} = h_{HO-Entl} + h_{ii}$$

Der Überfalbeiwert wird mit $\mu = 0.8$ (RÖSSERT 1988) angenommen, die Breite wird mit $b_{HQ-Entl} = 3~m$, $b_{HQ-Entl} = 5~m$ und $b_{HQ-Entl} = 7~m$ angenommen um mehrere Varianten zur Beurteilung des Freibords zur Verfügung zu haben.

Für steigenden Abfluß werden die Überfallshöhen berechnet und so die Abflußkurven für die Hochwasserentlastung erstellt.

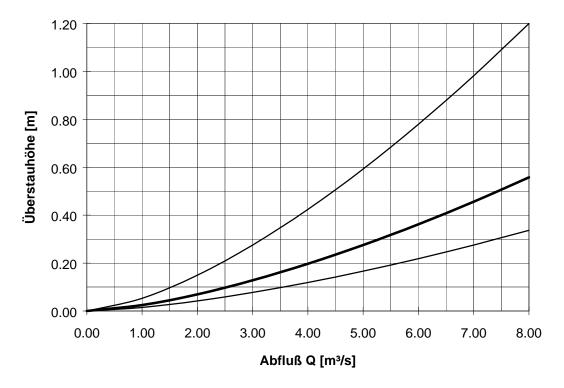


Abbildung 26: Abflußkurve für die Hochwasserentlastung HRB 1

4.1.3.3 Ermittlung des maßgeblichen Speicherraums

Zur Ermittlung des maßgeblichen Speicherraums wurden die Höhenschichtenflächen Becken planimetriert und die im aus diesen Speicherinhaltslinie erstellt. Aus der gewählten Stauhöhe (= Bemessungsstauziel oder gewöhnliches Stauziel), dem außergewöhnlichen Stauziel und der Höhe der gewöhnlichen Dammkrone können daraus die Volumina für den Hochwasserrückhalteraum, den außergewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum und der Gesamtstauraum sowie das Beckenvolumen ermittelt werden (Bezeichnungen nach DVWK 202/1991, bzw. STEIERMARK-INFORMATION 16 1992)

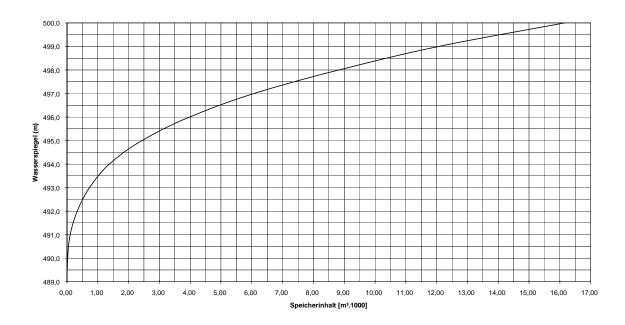


Abbildung 27: Speicherinhaltslinie HRB 1

Maßgebliche Volumina im HRB1 Ungerbach Oberlauf	
gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum	10.450 m³
außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum	2.800 m³
Gesamtstauraum	13.250 m³
Beckenvolumen	16.150 m³

Tabelle 10: Volumina im HRB 1

4.1.3.4 Beckenberechnung nach dem Verfahren der Seeretention

Die Berechnungen für das Rückhaltebecken wurden mit dem Programm SEERET, bzw. im Flußgebietsmodell FGM des Programmpakets IHW des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft an der Universität Karlsruhe (TH) durchgeführt

Als Eingaben dienten

die Abflußkurve des Grundablasses

die Abflußkurve der Hochwasserentlastung und

die Speicherinhaltsline sowie

die Zuflußganglinien der maßgeblichen Ereignisse,

woraus die Ausflußganglinien zu den jeweiligen Ereignissen errechnet wurden; im Flußgebietsmodell wurde die Retentionswirkung des Beckens in die Modellierung einbezogen.

Die Berechnungen wurden für alle drei Varianten durchgeführt, um danach die Rückhaltewirkung vergleichen zu können und eine Variante zu wählen. Die Spitzenabflüsse unmittelbar unter dem Rückhaltebecken sowie am Knoten 2, der die

Abflußspitze im Siedlungsbereich Ungerbach repräsentiert sind tabellarisch dargestellt.

Ausfluß aus dem Rückhaltebecken Ungerbach Oberlauf				
Variante	Öffnungsbreite	HQ _{max}	Ereignis	
unverbaut		6,1 m³/s	Blockregen t _D = 1 h	
Var. 1	b = 0,75 m	4,6 m³/s	Blockregen t _D = 1 h	
Var. 2	b = 1,00 m	3,6 m³/s	Blockregen t _D = 2 h	
Var. 3	b = 1,25 m	3,9 m³/s	Blockregen t _D = 1 h	

Tabelle 11: Abfluß aus dem HRB 1

Abfluß im Ortsbereich Ungerbach					
Variante	Öffnungsbreite	HQ_{max}	Ereignis		
unverbaut		10,4 m³/s	Blockregen $t_D = 0.5 h$		
Var. 1	b = 0,75 m	7,8 m³/s	Blockregen t _D = 0,5 h		
Var. 2	b = 1,00 m	8,3 m³/s	Blockregen t _D = 0,5 h		
Var. 3	b = 1,25 m	8,7 m³/s	Blockregen t _D = 0,5 h		

Tabelle 12: Abfluß im Ortsbereich Ungerbach

Die Rückhaltewirkung für die einzelnen als maßgeblich betrachteten Ereignisse werden ebenfalls zur Entscheidungsfindung herangezogen und daher in tabellarischer Form und anschließend graphisch dargestellt.

Niederschla	g	unverbaut		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
Verteilung	Dauer	HQ-Spitze	Reduktion	HQ-Spitze	Reduktion	HQ-Spitze	Reduktion	HQ-Spitze	Reduktion
			der		der		der		der
			HQ-Spitze		HQ-Spitze		HQ-Spitze		HQ-Spitze
	[h]	[m³/s]	[%]	[m³/s]	[%]	[m³/s]	[%]	[m³/s]	[%]
endbet.	0,5	7,3	0,0	6,6	9,6	6,8	6,8	7,0	4,1
endbet.	1,0	9,3	0,0	7,4	20,4	7,8	16,1	8,2	11,8
endbet.	2,0	9,6	0,0	6,5	32,3	7,0	27,1	7,6	20,8
endbet.	3,0	8,1	0,0	5,5	32,1	6,1	24,7	6,5	19,8
endbet.	6,0	6,1	0,0	4,9	19,7	5,1	16,4	5,4	11,5
endbet.	12,0	4,6	0,0	3,8	17,4	4,2	8,7	4,5	2,2
endbet.	24,0	3,6	0,0	3,3	8,3	3,5	2,8	3,6	0,0
Blockr.	0,5	10,4	0,0	7,8	25,0	8,3	20,2	8,7	16,3
Blockr.	1,0	10,0	0,0	6,7	33,0	7,3	27,0	7,8	22,0
Blockr.	2,0	8,0	0,0	6,1	23,8	6,0	25,0	6,6	17,5
Blockr.	3,0	6,1	0,0	5,1	16,4	5,2	14,8	5,6	8,2
Blockr.	6,0	4,2	0,0	3,8	9,5	4,1	2,4	4,2	0,0
Blockr.	12,0	2,9	0,0	2,9	0,0	2,9	0,0	2,9	0,0
Blockr.	24,0	2,2	0,0	2,2	0,0	2,2	0,0	2,2	0,0

Tabelle 13: Hochwasserspitzen im Ortsbereich Ungerbach für Varianten des HRB 1

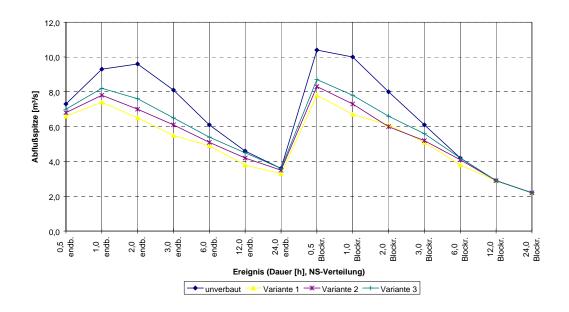


Abbildung 28: Hochwasserspitzen im Ortsbereich Ungerbach für die Varianten des HRB 1

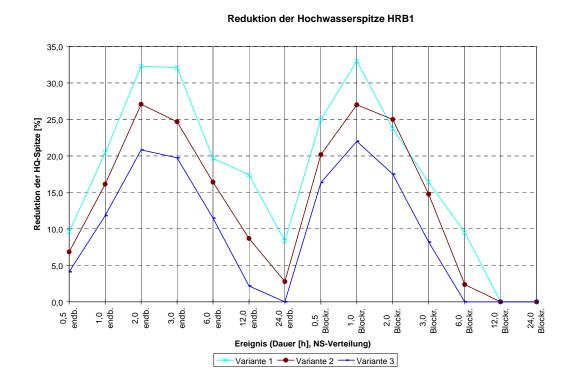


Abbildung 29: Reduktion der HQ-Spitze im Ortsbereich Ungerbach durch das HRB 1

4.1.3.5 Auswahl der geeigneten Variante

Beim Vergleich der drei Varianten ist vor allem die Dämpfung der Hochwasserspitze im Ortsbereich von Ungerbach - ersichtlich aus den Ganglinien am Knoten 2 des Flußgebietsmodells - maßgeblich. Weiters muß das Abflußverhalten am Rückhaltebecken bei der Wahl einer Variante für das Becken berücksichtigt werden. Dabei soll das vorhandene Beckenvolumen so weit wie möglich ausgenützt werden, ohne jedoch eine Gefährdung durch Überlastung des Absperrbauwerks herbeizuführen.

Variante 1:

Die Variante 1 weist die niedrigste Hochwasserspitze im Ortsbereich des Ungerbachs auf, jedoch springt beim 100-jährlichen Hochwasser die Hochwasserentlastung bei den gewählten Varianten immer an, die Dauer des Abflusses durch die Hochwasserentlastungsanlage beträgt bis zu zwei Stunden. Dadurch ist die Funktion der Hochwasserentlastung bei plötzlichem Versagen des Grundablasses in Frage zu stellen.

Variante 2:

Die Variante 2 scheint sehr geeignet, da sowohl eine Dämpfung der Ortsbereich Ungerbach Hochwasserspitze im vorhanden ist. die Hochwasserentlastung jedoch beim 100-jährlichen Hochwasser nicht nennenswert beansprucht maximale des wird. Die Dauer Abflusses durch Hochwasserentlastungsanlage liegt unter einer Stunde und der maximale Überstau liegt unter 0,25 m, was vernachlässigt werden kann. Die bei den gewählten Bemessungsereignissen höchste vorkommende Hochwasserspitze im Ortsbereich beträgt in etwa 80 % der höchsten Hochwasserspitze ohne Verbauungsmaßnahmen. Eine höhere Wirkung ist in diesem Bereich kaum möglich, was jedoch auf den kaum bewaldeten, linksufrigen Teil des Teileinzugsgebiets am Knoten 2 zurückzuführen ist.

Variante 3:

Bei der Variante 3 kommt es nicht zum Vollstau, d.h. der vorhandene Rückhalteraum wird beim 100-jährlichen Hochwasser nicht voll ausgenützt. Die Dämpfung im Ortsbereich beträgt in etwa 85 %.

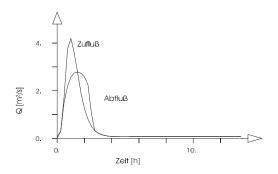
Da bei Variante 1 das Absperrbauwerk die vorhandenen Hochwasserfrachten nur über die Hochwasserentlastungsanlage abführen kann, muß von dieser Variante grundsätzlich abgesehen werden. Bei Variante 3 wird das vorhandene Beckenvolumen nicht voll ausgenützt und somit nicht der höchste mögliche Wirkungsgrad erreicht. Daher ist für die weitere Planung der Schutzmaßnahmen die Variante 2 heranzuziehen.

4.1.4 Ganglinien für maßgebliche Ereignisse

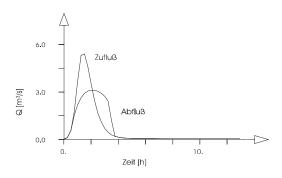
Nachdem auf Grund des Variantenstudiums Variante 2 gewählt wurde, können nun die Ergebnisse am besten graphisch in Form von Ganglinien dargestellt werden. Es werden die Ganglinien für jene Ereignisse herangezogen, wo eine deutliche Dämpfung der Hochwasserwelle gegeben ist. Bei Ereignissen mit langer Niederschlagsdauer treten durch die niedrigere Niederschlagsintensität keine extremen Hochwasserspitzen auf, wodurch es durch das Rückhaltebecken zu keiner oder nur kaum merkbaren Reduktion der Hochwasserspitze kommt. Dies ist auch nicht nötig, da durch diese Ereignisse keine Gefährdung besteht, da das Gerinne die

Hochwasserfracht abführen kann. Die eigentliche Gefährdung kommt in diesem Fall den kurzen Ereignissen mit hohen Hochwasserspitzen zu, die durch das Rückhaltebecken reduziert werden.

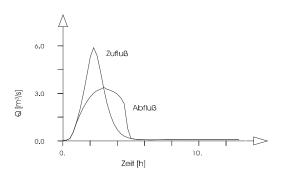
Endbetonte Niederschlagsverteilung t_D = 0,5 h



Endbetonte Niederschlagsverteilung $t_{\scriptscriptstyle D}$ = 1 h



Endbetonte Niederschlagsverteilung $t_{\scriptscriptstyle D}$ = 2 h



Endbetonte Niederschlagsverteilung $t_{\scriptscriptstyle D}$ = 3 h

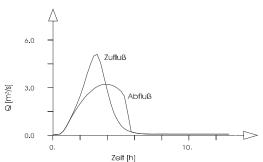
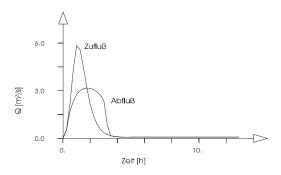
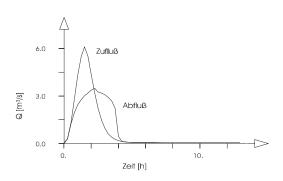


Abbildung 30: Abflußganglinien des HRB 1

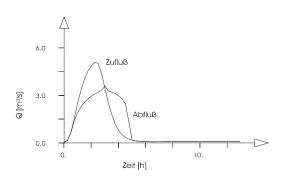
Blockregen $t_D = 0.5 h$



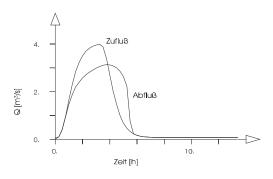
Blockregen $t_D = 1 h$



Blockregen t_D = 2 h



Blockregen t_D = 3 h



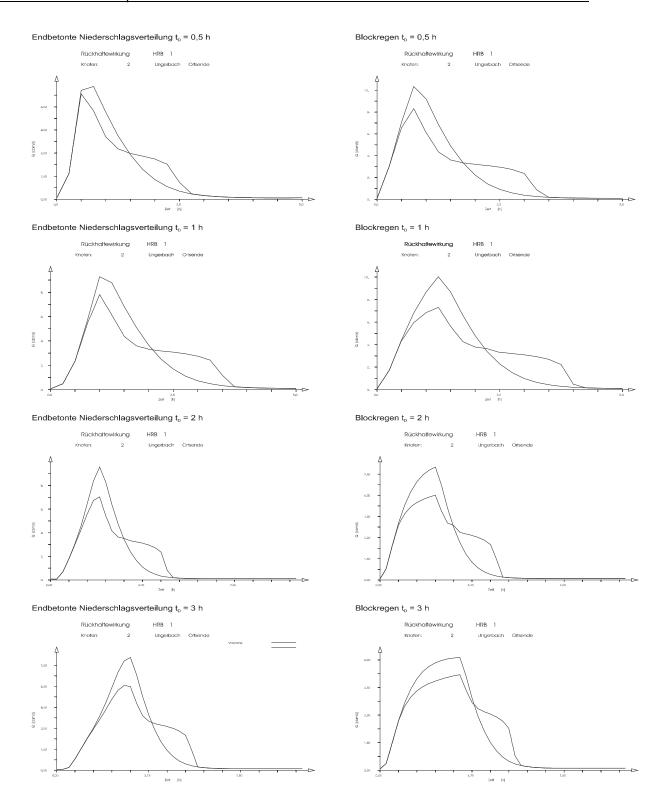


Abbildung 31: Abflußganglinien für den Siedlungsbereich Ungerbach

4.2 Hochwasserrückhaltebecken Hollerbach Fischteiche

Standort des Beckens: Hollerbach, hm 30,55

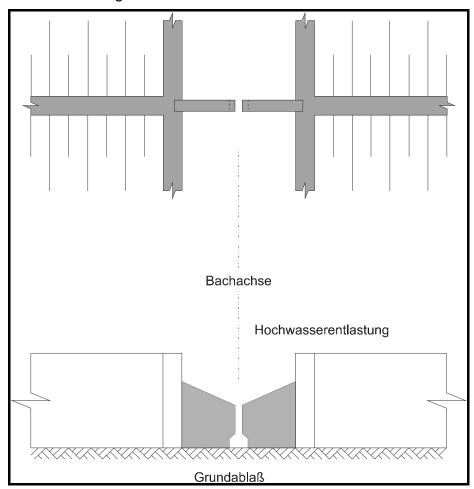
Knoten im FGM: Knoten 10

Bezeichnung im FGM: Hollerb. HRB 2

Das Rückhaltebecken Hollerbach Fischteiche hat die Aufgabe, die Hochwasserwelle vor dem Rückhaltebecken Hollerbach Erlenbruchwald zu dämpfen. Dadurch soll die abflußmindernde Wirkung im Unterlaufbereich des Ungerbachs verstärkt werden. Die Wirkung des Beckens Hollerbach Fischteiche ist nur in Zusammenhang mit dem Becken Hollerbach Erlenbruchwald gegeben. Die Ausführung als Schlitzsperre mit Abfluß über die gesamte Dammhöhe hat vor allem eine Verzögerung der Hochwasserspitze sowie ein langsameres Ansteigen der Ganglinie zur Folge, wodurch der Rückhalteraum im darauffolgenden Becken besser genutzt werden kann.

4.2.1 Konstruktionsprinzip

Der Betriebsauslaß wird in Form einer Schlitzsperre ausgeführt, die sich im untersten Bereich sowie am oberen Rand erweitert. Die Hochwasserentlastung wird über den obersten Teil der Schlitzsperre ausgeführt. Der vorhandene Straßendamm wird erhöht und mit dem nötigen Durchlaßbauwerk versehen.



4.2.2 Hydrologische Grundlagen

Als Bemessungsgrundlage dienen die Abflußganglinien des erstellten Flußgebietsmodells für die als maßgeblich betrachteten Niederschlagsereignisse der Jährlichkeit 100, zur Bemessung der Hochwasserentlastung werden die 150-jährlichen Ereignisse herangezogen.

Zur Anschätzung des benötigten Rückhaltevolumens, bzw. des notwendigen Regelabflusses wurde aus den Füllenkurven der einzelnen Niederschlagsereignisse die Rückhaltewirkungslinie mit Hilfe des Programms SPWIRK im Programmpaket IHW erstellt.

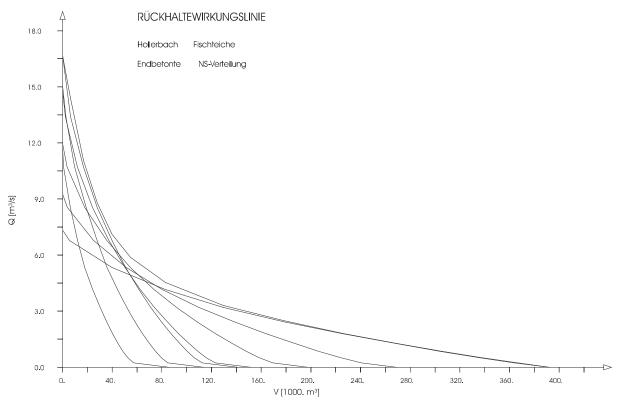
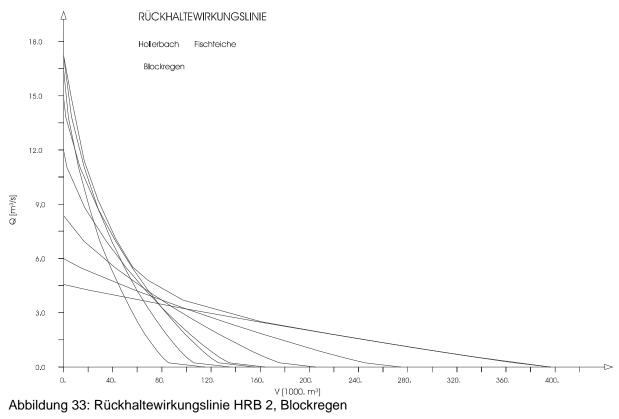


Abbildung 32: Rückhaltewirkungslinie HRB 2, endbetonte NS-Verteilung



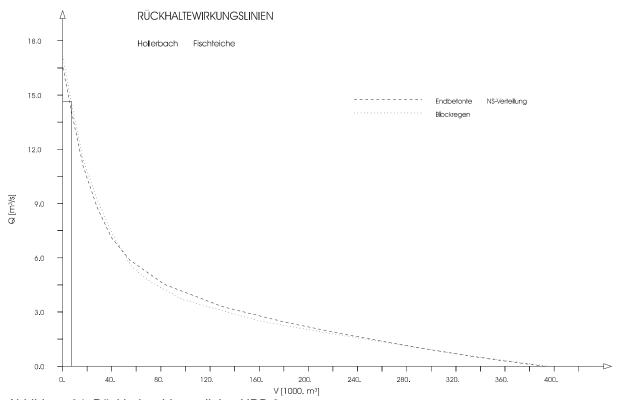


Abbildung 34: Rückhaltewirkungslinien HRB 2

4.2.3 Hydraulische Berechnungen

4.2.3.1 Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Stauhöhe für die Schlitzsperre

Zur Berechnung der Stauhöhe wird angenommen, daß der Unterwasserabfluß keinen Einfluß auf den Stau im Oberwasser ausübt. Diese Annahme ist nicht gültig für sehr niedrige Wasserstände, was jedoch auf die Retentionsberechnungen, für die die Abflußkurve ermittelt werden soll, keinen Einfluß hat, da in diesem Fall die Abflußmengen zu gering sind, um von Retentionswirkung zu sprechen. Es müßte in diesem Fall freies Fließen durch die Sperrenöffnung angenommen werden, da der Abfluß praktisch ohne Rückstau abgeführt wird. Daher ist dieser Fehler, der bei Stauhöhen bis zu 0,10 m auftritt, vernachlässigbar.

Da - wie oben festgestellt - der Unterwasserabfluß die hydraulischen Verhältnisse im Durchflußprofil und somit die Stauhöhe nicht beeinflußt, wird angenommen, daß sich genau beim Eintritt in die Öffnung der Schlitzsperre die Grenztiefe (kritische Höhe) einstellt; die Stauhöhe ergibt sich aus der Wasserspiegelhöhe im Öffnungsbereich (d.h. der Grenztiefe an dieser Stelle) und der Verlusthöhe durch die Einschnürung im Öffnungsbereich. Zur Stauhöhenberechnung muß die Grenztiefe für bekannten Abfluß im Durchflußprofil ermittelt werden.

In der nachfolgenden Berechnung der Stauhöhe werden folgende Bezeichnungen eingeführt:

h Wassertiefe, Höhe des Wasserspiegels über der Gewässersohle

h_E Höhe der Energielinie über der Gewässersohle [m]

h_{qr} Grenztiefe, kritische Höhe [m]

h_o Stauhöhe [m]

h_{v, w} Verlusthöhe durch Einschnürung, Einlaufverlusthöhe [m]

Q Abfluß im Gewässer [m³]

v mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]

v_{gr} kritische Geschwindigkeit [m/s]

v₀ Fließgeschwindigkeit im Staubereich (wird hier vernachlässigt) [m/s]

A Fläche des Durchflußquerschnitts [m²]

 ζ_e Einschnürungsverlustbeiwert, Einlaufverlustbeiwert [-]

g Erdbeschleunigung $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Die Grenztiefe h_{gr} stellt sich am Minimum der Energiehöhe h_E ein und wird über die Ableitung der Energiehöhe nach der Höhe in folgender Weise ermittelt:

$$h_E(h) = h + \frac{v^2(h)}{2g} = h + \frac{Q^2}{2g \cdot A^2(h)}$$

$$h_E(h) = h_{E,\text{min}} \Leftrightarrow \frac{dh_E}{dh} = 0$$

$$\frac{dh_E}{dh} = 1 - \frac{Q^2}{g \cdot A^3(h)} \cdot \frac{dA}{dh}$$

Daher muß eine Funktion der Durchflußquerschnittsfläche *A* über der Wasserspiegelhöhe ermittelt werden. Durch die Form der Sperrenöffnung ergibt sich keine stetige Funktion für die Querschnittsfläche; es muß die Berechnung für die verschiedenen Abschnitte getrennt durchgeführt werden.

Die Bezeichnungen, die für die verschiedenen, zur Berechnung nötigen Längenmaße eingeführt wurden, sind aus der Skizze ersichtlich:

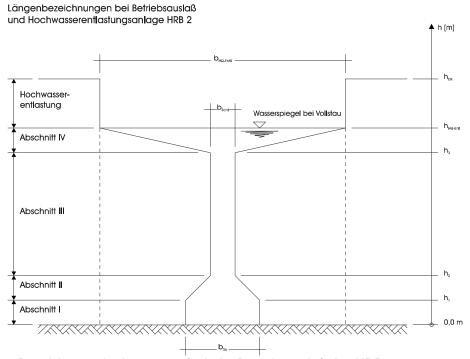


Abbildung 35: Bezeichnung der Längenmaße beim Betriebsauslaß des HRB 2

Beschreibung der verwendeten Bezeichnungen:

b_{So}Sohlbreite

b_{Schl} Breite der Öffnung der Schlitzsperre

b_{HO-Entl} Breite der Hochwasserentlastung

h₁ Höhe des Beginns der Querschnittsverengung

h₂ Höhe des Endes der Querschnittserverengung

h₃ Höhe des Beginns der Querschnittserweiterung

h_{HQ-Entl} Höhe der Hochwasserentlastung, gewöhnliches Stauziel

h_{DK} Höhe der Dammkrone

4.2.3.1.1 Berechnung der Grenztiefe für den Abschnitt I

Die Berechnungen im Abschnitt I gestalten sich einfach, da hier ein Rechteckquerschnitt vorliegt. Die Funktion für Die Durchflußfläche und deren Ableitung nach der Höhe lauten demnach:

$$A(h) = b_{s_0} \cdot h$$

$$\frac{dA}{dh} = b_{So}$$

Daraus ergibt sich für die Ableitung der Energiehöhe nach der Höhe

$$\frac{dh_E}{dh} = 1 - \frac{Q^2}{g \cdot b_{So}^2} \cdot \frac{1}{h^3}$$

woraus sich bei $h_e = h_{E, min}$ für $h = h_{gr}$ die Gleichung

$$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_{So}^2}}$$

ergibt.

Diese Berechnungen werden für ansteigendes Q durchgeführt, solange für die Grenztiefe gilt: $h_{gr} \leq h_1$, danach muß zur Berechnung der Grenztiefe zum Verfahren für den Abschnitt II übergegangen werden.

4.2.3.1.2 Berechnung der Grenztiefe für den Abschnitt II:

Das Prinzip der Ermittlung von h_{gr} im Abschnitt II ist dem des Abschnitts I gleich, jedoch ergibt sich eine andere Funktion der Durchflußquerschnittsfläche über der Höhe. Es werden zur einfacheren Ermittlung dieser Funktion folgende zusätzliche Größen eingeführt:

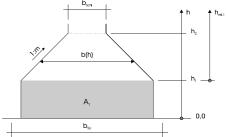


Abbildung 36: Zusätzliche Maße zur Berechnung des Betriebsauslasses im Abschnitt II des HRB 2

$$h_{rel,1} = h - h_1$$
 $m = \frac{2(h_2 - h_1)}{b_{So} - b_{Schl}}$
 $A_1 = b_{So} \cdot h_1$
 $b(h) = b_{So} - \frac{2h_{rel,1}}{m}$

Es gilt durch Einsetzen in die Funktion

$$A(h) = h_{rel,1} \frac{b_{So} + b(h)}{2}$$

für die Ableitung der Durchflußfläche nach der Höhe

$$\frac{dA}{dh} = b_{So} - \frac{2(h - h_1)}{m}$$

und für die Ableitung der Energiehöhe nach der Höhe

$$\frac{dh_{E}}{dh} = 1 - \frac{Q^{2}}{g} \cdot \frac{b_{So} - \frac{2}{m}(h - h_{1})}{\left(b_{So}(h - h_{1}) - \frac{1}{m}(h - h_{1})^{2} + A_{1}\right)^{3}}$$

woraus sich bei $h_e = h_{E, min}$ für $h = h_{gr}$ die Gleichung

$$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g}} \cdot \frac{\sqrt[3]{b_{So} - \frac{2}{m} (h_{gr} - h_1)}}{b_{So} - \frac{1}{m} (h_{gr} - h_1)} - \frac{A_1}{b_{So} - \frac{1}{m} (h_{gr} - h_1)} + h_1$$

ergibt, die durch Einsetzen von A_1 mit den bekannten Maßen des Durchlasses iterativ gelöst werden kann.

Diese Berechnungen werden für ansteigendes Q durchgeführt, solange für die Grenztiefe gilt: $h_{gr} \leq h_2$, danach muß zur Berechnung der Grenztiefe zum Verfahren für den Abschnitt III übergegangen werden.

4.2.3.1.3 Berechnung der Grenztiefe für den Abschnitt III

Das Prinzip der Ermittlung von h_{gr} im Abschnitt III ist dem des Abschnitts II gleich, jedoch ergibt sich eine andere Funktion der Durchflußquerschnittsfläche über der Höhe. Es werden zur einfacheren Ermittlung dieser Funktion folgende zusätzliche Größen eingeführt:

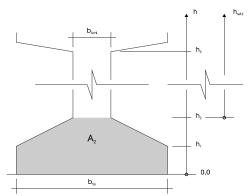


Abbildung 37: Zusätzliche Maße zur Berechnung des Betriebsauslasses im Abschnitt III des HRB 2

$$h_{rel} = h - h_2$$

$$A_2 = A_1 + (h_2 - h_1) \frac{b_{So} - b_{Schl}}{2}$$

Es gilt durch Einsetzen in die Funktion:

$$A(h) = b_{Schl} \cdot h_{rel,2} + A_2$$

für die Ableitung der Durchflußfläche nach der Höhe

$$\frac{dA}{dh} = b_{Schl}$$

und für die Ableitung der Energiehöhe nach der Höhe

$$\frac{dh_E}{dh} = 1 - \frac{Q^2}{g} \cdot \frac{b_{Schl}}{\left(b_{Schl}(h - h_2) + A_2\right)^3}$$

woraus sich bei $h_e = h_{E, min}$ für $h = h_{gr}$ die Gleichung

$$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_{Schl}^2}} - \frac{A_2}{b_{Schl}} + h_2$$

ergibt, die durch Einsetzen von A_2 mit den bekannten Maßen des Durchlasses gelöst werden kann.

Diese Berechnungen werden für ansteigendes Q durchgeführt, solange für die Grenztiefe gilt: $h_{gr} \leq h_3$, danach muß zur Berechnung der Grenztiefe zum Verfahren für den Abschnitt IV übergegangen werden.

4.2.3.1.4 Berechnung der Grenztiefe für den Abschnitt IV:

Das Prinzip der Ermittlung von h_{gr} im Abschnitt IV ist dem des Abschnitts III gleich, jedoch ergibt sich eine andere Funktion der Durchflußquerschnittsfläche über der Höhe. Es werden zur einfacheren Ermittlung dieser Funktion folgende zusätzliche Größen eingeführt:

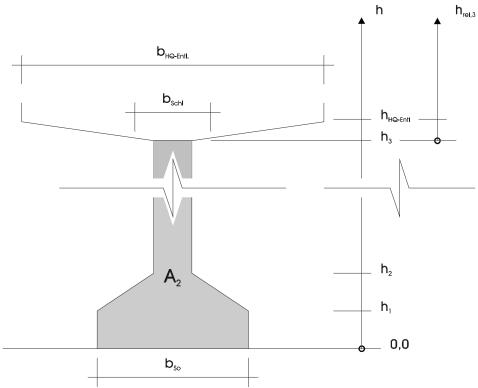


Abbildung 38: Zusätzliche Maße zur Berechnung des Betriebsauslasses im Abschnitt IV des HRB 2

$$h_{rel,3} = h - h_3$$
 $m = \frac{2(h_{HQ-Entl} - h_3)}{b_{HQ-Entl} - b_{Schl}}$
 $A_3 = A_2 + b_{Schl} \cdot (h_3 - h_2)$
 $b(h) = b_{Schl} + \frac{2h_{rel,3}}{m}$

Es gilt durch Einsetzen in die Funktion

$$A(h) = h_{rel,3} \frac{b_{Schl} + b(h)}{2} + A_3$$

für die Ableitung der Durchflußfläche nach der Höhe

$$\frac{dA}{dh} = b_{Schl} + \frac{2(h - h_3)}{m}$$

und für die Ableitung der Energiehöhe nach der Höhe

$$\frac{dh_{E}}{dh} = 1 - \frac{Q^{2}}{g} \cdot \frac{b_{Schl} + \frac{2}{m}(h - h_{3})}{\left(b_{Schl}(h - h_{3}) + \frac{1}{m}(h - h_{3})^{2} + A_{3}\right)^{3}}$$

woraus sich bei $h_e = h_{E, min}$ für $h = h_{gr}$ die Gleichung

$$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g}} \cdot \frac{\sqrt[3]{b_{Schl} + \frac{2}{m}(h_{gr} - h_3)}}{b_{Schl} + \frac{1}{m}(h_{gr} - h_3)} - \frac{A_3}{b_{Schl} + \frac{1}{m}(h_{gr} - h_3)} + h_3$$

ergibt, die durch Einsetzen von A_3 mit den bekannten Maßen des Durchlasses iterativ gelöst werden kann.

Diese Berechnungen werden für ansteigendes Q durchgeführt, solange für die Grenztiefe gilt: $h_{gr} \le h_{HQ-Entl}$.

4.2.3.1.5 Ermittlung der Stauhöhe aus der errechneten Grenztiefe

Über die abschnittsweise ermittelte Grenztiefe der Abschnitte I - IV kann nun die kritische Geschwindigkeit v_{gr} durch Einsetzen der kritischen Höhe h_{gr} in die Beziehung

$$v = \frac{Q}{A}$$

errechnet werden. Aus dieser ergibt sich die Verlusthöhe für den Einlaufverlust nach der Formel

$$h_{v,w} = \zeta_e \frac{v_{gr}^2 - v_o^2}{2g}$$

wobei der Einlaufverlustbeiwert wegen des schroffen Übergangs ζ_e =0,5 gesetzt wird; die Energiehöhe $h_{E,o}$ ist bei Annahme eines stehenden Gewässers im Stauraum gleich der Höhe des Wasserspiegels h_o , das heißt die Fließgeschwindigkeit im Stauraum kann vernachlässigt werden, woraus sich für die Verlusthöhe ergibt:

$$h_{v,w} = 0.5 \frac{v_{gr}^2}{2g}$$

und für die Stauhöhe

$$h_o = h_{gr} + h_{v,w}$$

Abschn. I	$0 < h_{gr} \le h_I$	$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_{So}^2}}$
Abschn. II	$h_1 < h_{gr} \le h_2$	$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g}} \cdot \frac{\sqrt[3]{b_{So} - \frac{2}{m}(h_{gr} - h_1)}}{b_{So} - \frac{1}{m}(h_{gr} - h_1)} - \frac{A_1}{b_{So} - \frac{1}{m}(h_{gr} - h_1)} + h_1$
Abschn. III	$h_2 < h_{gr} \le h_2$	$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_{Schl}^2}} - \frac{A_2}{b_{Schl}} + h_2$
Abschn. IV	$h_2 < h_{gr} \le h_{HQ ext{-}Entl}$	$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g}} \cdot \frac{\sqrt[3]{b_{Schl} + \frac{2}{m} (h_{gr} - h_3)}}{b_{Schl} + \frac{1}{m} (h_{gr} - h_3)} - \frac{A_3}{b_{Schl} + \frac{1}{m} (h_{gr} - h_3)} + h_3$

Tabelle 14: Formeln zur Ermittlung der Grenztiefe im HRB 2

4.2.3.2 Erstellen der Abflußkurven

Für die Abflußkurve wird für steigenden Abfluß die Stauhöhe nach den Methoden für die einzelnen Abschnitte ermittelt.

Nach der Wahl der Größen für das Durchflußprofil ergibt sich die Abflußkurve die als Eingabe in das Programm SEERET des Programmpakets IHW eingeht

Um die optimale Form des Durchflußprofils zu finden werden mehrere Varianten gerechnet, die in ihrer Wirkung auf das darauffolgende Rückhaltebecken Hollerbach Erlenbruchwald überprüft werden.

4.2.3.2.1 Vergleich der gewählten Varianten

Es wurden mehrere Varianten nach den oben dargestellten Methoden berechnet, um die Auswirkung der Form des Absperrbauwerks auf den Abfluß zu ermitteln. Die Varianten sind im folgenden graphisch dargestellt.

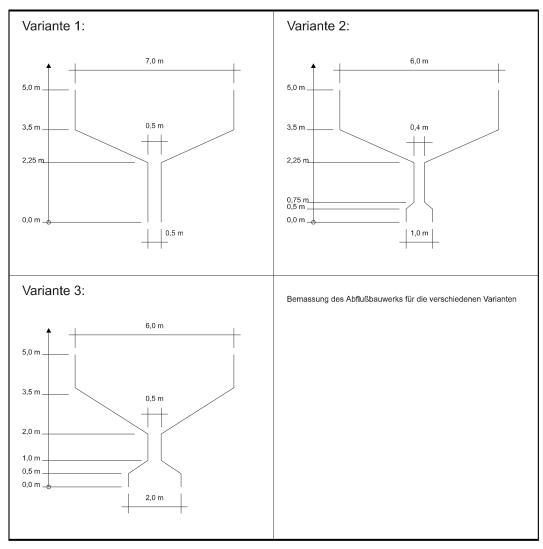


Abbildung 39: Vergleich der Varianten des Betriebsauslasses HRB 2

Für die verschiedenen Varianten wurden die hydraulischen Berechnungen durchgeführt, und die Ergebnisse in Form von Abflußkurven dargestellt.

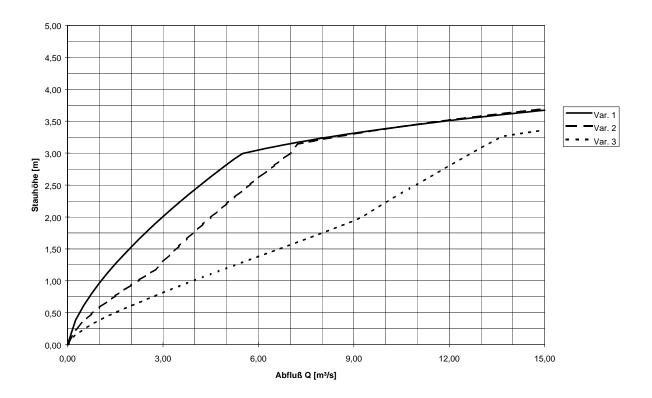


Abbildung 40: Abflußkurven für den Grundablaß HRB 2

4.2.3.3 Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage

Für die Hochwasserentlastung wird als Bemessungsereignis jenes gewählt, das die höchste Hochwasserspitze aufweist. Von den betrachteten Ereignissen erreicht ein Blockregen mit einer Niederschlagsdauer $t_D=1h$ die höchste Abflußspitze mit $Q=20.9~m^3/s$. Als Bemessungshochwasser wird aus Sicherheitsgründen ein Bemessungshochwasserabfluß $HQ_b=21.0~m^3/s$ gewählt.

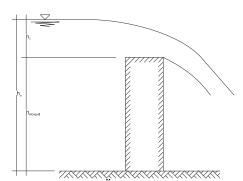


Abbildung 41: Bezeichnungen der Maße für die Überfallformel von Poleni

Zur Berechnung der Stauhöhe wird die Überfallformel von Poleni

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{ii}^{\frac{2}{3}}$$

herangezogen und nach $h_{\ddot{u}}$ aufgelöst, wobei für die Breite $b=b_{HQ\text{-}Entl}$ gesetzt wird. Dadurch ergibt sich

$$h_{ii} = \left(\frac{3Q}{2\mu \cdot b_{HQ-Entl} \cdot \sqrt{2g}}\right)^{\frac{3}{2}}$$

$$h_{o} = h_{HQ-Entl} + h_{ii}$$

Der Überfalbeiwert wird mit $\mu = 0.75$ (RÖSSERT 1988) angenommen, die Breite wird mit $b_{HQ\text{-}Entl} = 6m$ und $b_{HQ\text{-}Entl} = 7m$ angenommen um alle Varianten abzudecken.

Für steigenden Abfluß wird die Überfallshöhe berechnet und so die Abflußkurven für die Hochwasserentlastung erstellt.

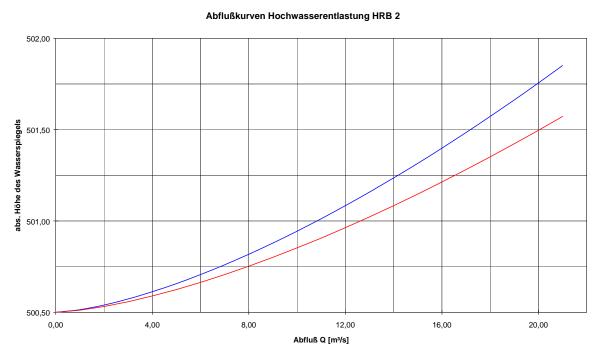


Abbildung 42: Abflußkurve für die Hochwasserentlastung HRB 2

4.2.3.4 Ermittlung des maßgeblichen Speicherraums

Zur Ermittlung des maßgeblichen Speicherraums wurden die Höhenschichtenflächen im Becken planimetriert und diesen Speicherinhaltslinie erstellt. Aus der gewählten Stauhöhe (= Bemessungsstauziel oder gewöhnliches Stauziel), dem außergewöhnlichen Stauziel und der Höhe der Dammkrone können daraus die Volumina für den gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum, den außergewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum und der Gesamtstauraum sowie das Beckenvolumen ermittelt werden (Bezeichnungen nach DVWK 202/1991, bzw. STEIERMARK-INFORMATION 16 1992)

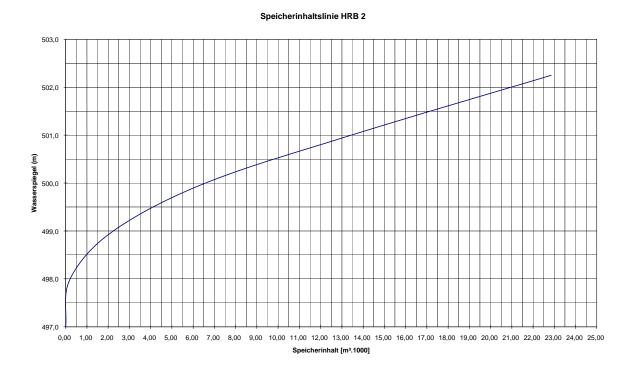


Abbildung 43: Speicherinhaltslinie HRB 2

Maßgebliche Volumina im HRB 2 Hollerbach Fischteiche	
gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum	10.020 m³
außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum	2.800 m³
Gesamtstauraum	13.450 m³
Beckenvolumen	22.000 m³

Tabelle 15: Volumina im HRB 2

4.2.3.5 Beckenberechnung nach dem Verfahren der Seeretention

Die Berechnungen für das Rückhaltebecken wurden mit dem Programm SEERET, bzw. im Flußgebietsmodell FGM des Programmpakets IHW des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft an der Universität Karlsruhe (TH) durchgeführt

Als Eingaben dienten

die Abflußkurven des Grundablasses

die Abflußkurven der Hochwasserentlastung und

die Speicherinhaltsline sowie

die Zuflußganglinien der maßgeblichen Ereignisse,

woraus die Ausflußganglinien zu den jeweiligen Ereignissen errechnet wurden; im Flußgebietsmodell wurde die Retentionswirkung des Beckens in die Modellierung einbezogen.

Die Berechnungen wurden für alle drei Varianten durchgeführt, um danach im Flußgebietsmodell die Retentionswirkung und im speziellen die Wirkung auf das

Rückhaltebecken Hollerbach Erlenbruchwald zu vergleichen. Die Ergebnisse sind anhand der Ganglinien am Knoten 11 dargestellt. Diese Ganglinien sind als Zuflußganglinien des Rückhaltebeckens Hollerbach Erlenbruchwald anzusehen.

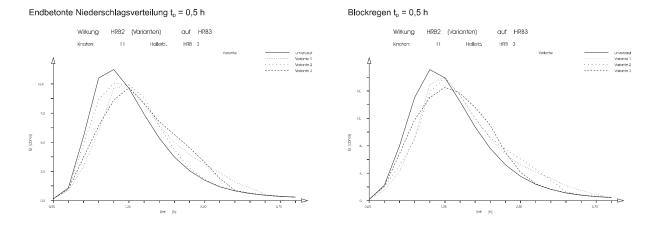


Abbildung 44: Zuflußganglinien für HRB 3 (Varianten HRB 2), t_D = 0,5h

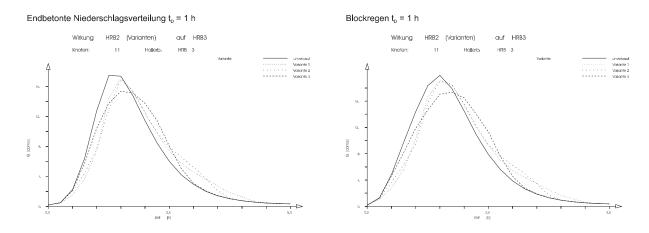


Abbildung 45: Zuflußganglinien für HRB 3 (Varianten HRB 2), $t_D = 1h$

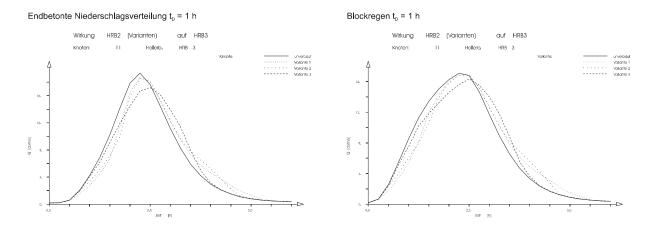


Abbildung 46: Zuflußganglinien für HRB 3 (Varianten HRB 2), t_D = 2h

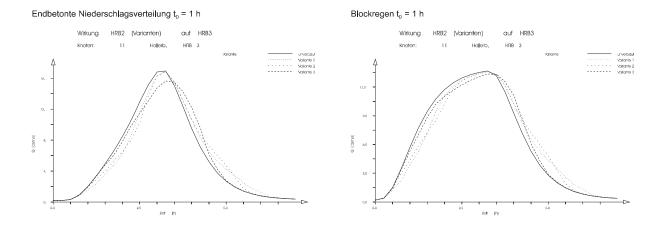


Abbildung 47: Zuflußganglinien für HRB 3 (Varianten HRB 2), $t_D = 3h$

Anhand der Ganglinien alleine kann noch keine Entscheidung für eine Variante getroffen werden, da zuerst der Einfluß der verschiedenen Varianten auf das Abflußverhalten im nachfolgenden Becken Hollerbach Erlenbruchwald betrachtet werden muß. Daher wird die endgültige Entscheidung für eine Variante bei der Berechnung des Rückhaltebeckens Hollerbach Erlenbruchwald getroffen.

4.3 Hochwasserrückhaltebecken Hollerbach Erlenbruchwald

Standort des Beckens: Hollerbach, hm 30,5

Knoten im FGM: Knoten 11

Bezeichnung im FGM: Hollerb. HRB 3

Das Rückhaltebecken Hollerbach Erlenbruchwald hat die Aufgabe, die Hochwasserwelle im Unterlauf und im Mündungsbereich des Ungerbachs sowie im Bereich des Siedlungsraums Unterdorf zu dämpfen. Das Einzugsgebiet an der Stelle des Rückhaltebeckens hat eine Fläche von 6,1 km², womit 40,9 % des Gesamteinzugsgebietes und 68,9 % des Einzugsgebiet des Hollerbachs abgedeckt werden. Daher ist der Einfluß von Maßnahmen an dieser Stelle auf das Verhalten am Knoten 12 bzw. 14 von Bedeutung.

4.3.1 Konstruktionsprinzip

Das Absperrbauwerk wird als Damm mit Betonkern ausgeführt, der Betriebsauslaß soll in Form einer Schlitzsperre mit Tauchwand durchgeführt werden. In der Tauchwand sind zwei Abflußöffnungen angeordnet. Die Hauptöffnung liegt in der Bachachse und soll möglichst breit gestaltet werden, um eine naturnahe Sohlenausbildung zu ermöglichen; die Nebenöffnung wird Schmal und hoch ausgebildet, und liegt gegenüber der Bachachse nach rechts versetzt und höher als die Hauptöffnung, um im Bereich flußabwärts des Bauwerks eine Überflutung der Vorländer zu ermöglichen und auf diese Weise die Auwalddynamik zu erhalten.

Die Hochwasserentlastung wird in Form einer Dammscharte über die Tauchwand angelegt, wobei der luftseitige Abflußbereich des Grundablasses gleichzeitig die Funktion eines Tosbeckens für die Hochwasserentlastung übernimmt.

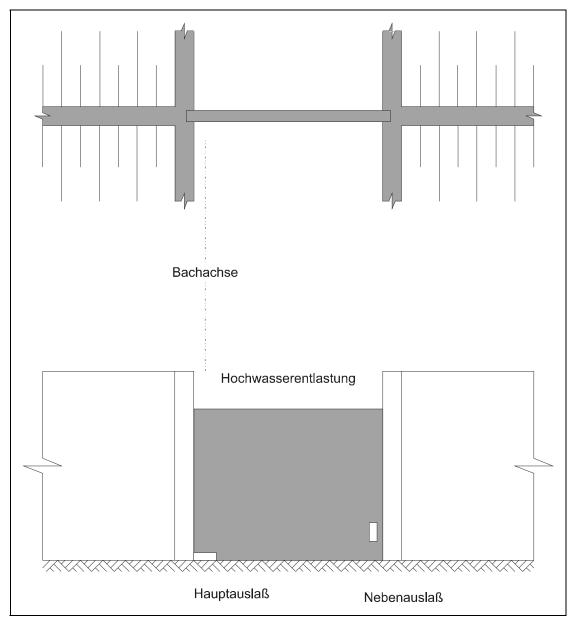


Abbildung 48: Konstruktionsprinzip HRB 3

4.3.2 Hydrologische Grundlagen

Als Bemessungsgrundlage dienen die Abflußganglinien des erstellten Flußgebietsmodells für die als maßgeblich betrachteten Niederschlagsereignisse der Jährlichkeit 100, zur Bemessung der Hochwasserentlastung werden die 150-jährlichen Ereignisse herangezogen.

Zur Anschätzung des benötigten Rückhaltevolumens, bzw. des notwendigen Regelabflusses wurde aus den Füllenkurven der einzelnen Niederschlagsereignisse die Rückhaltewirkungslinie mit Hilfe des Programms SPWIRK im Programmpaket IHW erstellt. Die Rückhaltewirkungslinien wurden unter Berücksichtigung der verschiedenen Varianten des davorliegenden Beckens Hollerbach Fischteiche ermittelt.

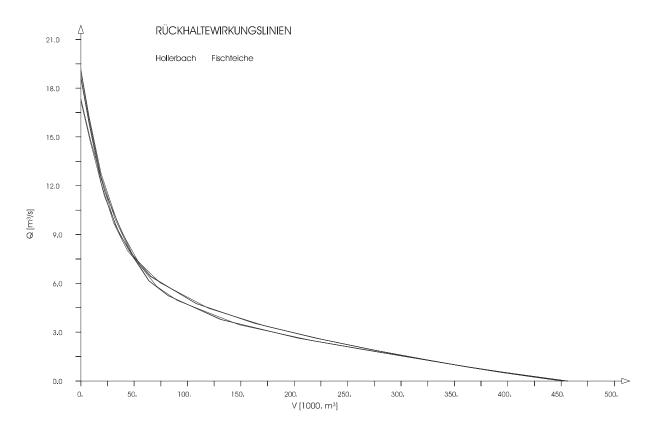


Abbildung 49: Rückhaltewirkungslinien HRB 3unter Berücksichtigung der Varianten für HRB 2

4.3.3 Hydraulische Berechnungen

4.3.3.1 Bemessung des Grundablasses

Der Grundablaß soll in Form zweier Ausflußöffnungen ausgeführt werden. Die beiden Ausflußöffnungen werden getrennt nach der Formel für den Ausfluß aus Schützenöffnungen berechnet und der ermittelte Abfluß summiert. Der Grundablaß ist so zu bemessen, daß der Abfluß aus dem Rückhaltebecken bei Vollstau 6 - 7 m³/s beträgt.

Der Hauptauslaß, der in der Bachachse liegt soll breit bemessen werden, um eine möglichst natürliche Sohle zu gestatten. Der Nebenauslaß liegt gegenüber dem Hauptauslaß erhöht und gegenüber der Bachachse seitlich versetzt, um die Bildung von Totwasser nach dem Rückhaltebecken durch Überflutung der Vorländer zu ermöglichen. Dieser Auslaß soll in Form einer schmalen Schlitzöffnung ausgeführt werden.

Zur Berechnung des Ausflusses wird beim Hauptauslaß die Formel zur Berechnung des Ausflusses aus Schützenöffnungen herangezogen, der Nebenauslaß wird, da er erhöht liegt nach der Formel für den Ausfluß aus Seitenöffnungen berechnet, sobald der Wasserspiegel über der Oberkante des Ausflußöffnung liegt, davor nach der Überfallsformel von Poleni.

Formel zur Berechnung des Durchflusses beim Hauptauslaß:

$$Q = \alpha ab \sqrt{2g(h_o + \frac{v_o}{2g})}$$

mit: a = lotrechte Öffnungshöhe [m]

b = Öffnungsbreite [m]

 α = Ausflußzahl [-]

h_o = Höhe des Wasserspiegels über der Bachsohle [m]

g = Erdbeschleunigung 9,81 m/s²

v_o = Fließgeschwindigkeit im Becken [m/s]

Der Hauptauslaß wird mit einer Breite von b=1,20~m und einer Durchflußhöhe von a=0,40~m gewählt, die Ausflußzahl ergibt sich nach RÖSSERT 1988 als Wert zwischen $\alpha=0,55$ und $\alpha=0,60$ abhängig vom Verhältnis h_0/a

Die Geschwindigkeit v_o wird vernachlässigt, da ein stehendes Gewässer für diese Berechnung angenommen wird und somit die Energiehöhe gleich der Höhe des Wasserspiegels gesetzt wird.

Formeln zur Berechnung des Durchflusses beim Nebenauslaß:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(h + \frac{v_o^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}}$$
 (für $h/a \le 1$)

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\left(h + \frac{v_o^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(h - a + \frac{v_o^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right)$$
 (für $h/a > 1$)

mit: a = lotrechte Öffnungshöhe [m]

b = Öffnungsbreite [m]

 $\mu = Abflußbeiwert [-]$

h = Höhe des Wasserspiegels über der Öffnungsunterkante [m]

g = Erdbeschleunigung 9,81 m/s²

v_o = Fließgeschwindigkeit im Becken [m/s]

Der Nebenauslaß wird mit einer Breite von b=0.40~m und einer Durchflußhöhe von a=1.00~m gewählt, die Abflußbeiwert ergibt sich nach PREISSLER & BOLLRICH 1985 mit $\mu=0.70$ abhängig vom Verhältnis h/a und der Form der Öffnungskanten.

Die Geschwindigkeit v_o wird vernachlässigt, da ein stehendes Gewässer für diese Berechnung angenommen wird und somit die Energiehöhe gleich der Höhe des Wasserspiegels gesetzt wird.

Aus den Berechnungen für verschiedene Wasserstände im Becken wurden die Abflußkurven für die beiden Auslaßöffnungen erstellt und danach zur Abflußkurve für den Grundauslaß summiert, die dann ins Programm SEERET des Programmpakets IHW als Eingabe eingehen.

502.00 Absolute Höhe des Wasserspiegels [m] 501.00 500.00 499.00 Hauptauslaß 498.00 Nebenauslaß 497.00 Grundablaß 496.00 495.00 494.00 493.00 0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00 7.00

Abfluß aus dem Rückhaltebecken [m³]

Abflußkurven des Grundablasses HRB 3

Abbildung 50: Abflußkurven für den Grundablaß HRB 3

4.3.3.2 Bemessung der Hochwasserentlastungsanlage

Für die Hochwasserentlastung wird als Bemessungsereignis jenes gewählt, das die höchste Hochwasserspitze aufweist. Von den betrachteten Ereignissen erreicht ein Blockregen mit einer Niederschlagsdauer $t_D=1h$ die höchste Abflußspitze mit Q=24,3 m^3/s . Als Bemessungshochwasser wird aus Sicherheitsgründen ein Bemessungshochwasserabfluß $HQ_b=25,0$ m^3/s gewählt.

Die Hochwasserentlastungsanlage soll als Dammscharte ausgeführt werden. Zur Ermittlung der Überstauhöhe wird die Überfallsformel nach Poleni

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{ii}^{\frac{2}{3}}$$

herangezogen und nach hü aufgelöst:

$$h_{ii} = \left(\frac{3Q}{2\,\mu \cdot b \cdot \sqrt{2\,g}}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Der Überfalbeiwert wird mit $\mu = 0.85$ (RÖSSERT 1988) angenommen, die Breite wird mit b = 8m, b = 9m und b = 10m angenommen um die optimale Breite der Dammscharte zu ermitteln.

Für steigenden Abfluß wird die Überfallshöhe berechnet und so die Abflußkurven für die Hochwasserentlastung erstellt.

Abflußkurven für Die Hochwasserentlastungsanlage HRB3

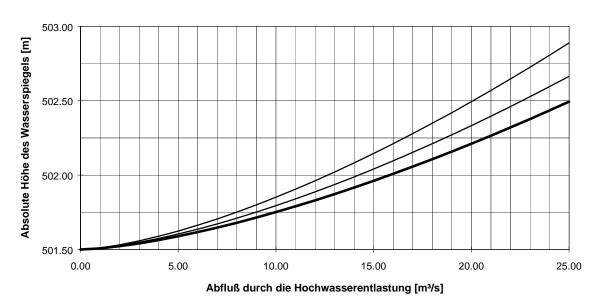


Abbildung 51: Abflußkurven für die Hochwasserentlastung HRB 3

4.3.3.3 Ermittlung des maßgeblichen Speicherraums

Zur Ermittlung maßgeblichen Speicherraums wurden die des Becken planimetriert Höhenschichtenflächen im und aus diesen die Speicherinhaltslinie erstellt. Aus der gewählten Stauhöhe (= Bemessungsstauziel oder gewöhnliches Stauziel), dem außergewöhnlichen Stauziel und der Höhe der die Volumina Dammkrone können daraus für den gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum, den außergewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum und der Gesamtstauraum sowie das Beckenvolumen ermittelt werden (Bezeichnungen nach DVWK 202/1991, bzw. STEIERMARK-INFORMATION 16 1992)

504,0 503,0 501,0 501,0 501,0 499,0 497,0 496,0 496,0 494,0 494,0 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 Speicherinhalt [m³.1000]

Speicherinhaltslinie HRB 3

Abbildung 52: Speicherinhaltslinie HRB 3

Maßgebliche Volumina im HRB 3 Hollerbach Erlenbruchwald	
gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum	107.100 m³
außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum	85.700 m³
Gesamtstauraum	192.800 m³
Beckenvolumen	249.900 m³

Tabelle 16: Volumina im HRB 3

4.3.3.4 Beckenberechnung nach dem Verfahren der Seeretention

Die Berechnungen für das Rückhaltebecken wurden mit dem Programm SEERET, bzw. im Flußgebietsmodell FGM des Programmpakets IHW des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft an der Universität Karlsruhe (TH) durchgeführt

Als Eingaben dienten

die Abflußkurven des Grundablasses

die Abflußkurven der Hochwasserentlastung und

die Speicherinhaltsline sowie

die Zuflußganglinien der maßgeblichen Ereignisse,

woraus die Ausflußganglinien zu den jeweiligen Ereignissen errechnet wurden; im Flußgebietsmodell wurde die Retentionswirkung des Beckens in die Modellierung einbezogen.

Die Berechnungen erfolgten unter Berücksichtigung der drei Varianten des vorgelagerten Beckens Hollerbach Fischteiche, um die Wirkung auf dieses Becken zu ermitteln. Die Ergebnisse sind in Form von Ganglinien für die maßgeblichen

Ereignisse dargestellt, wobei der Knoten 12 betrachtet wird, da dieser die direkte Wirkung der Verbauungsmaßnahmen auf den Siedlungsbereich Unterdorf beschreibt.

Betrachtet werden vorerst nur die Ganglinien für kurze Niederschlagsereignisse, da sich die Auswirkung der verschiedenen Varianten des Rückhaltebeckens Hollerbach Fischteiche bei längerdauernden Niederschlagsereignissen nicht mehr nennenswert unterscheiden.

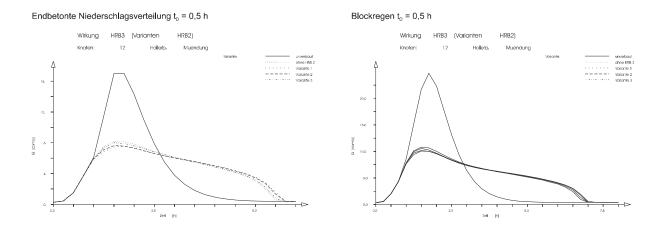


Abbildung 53: Ganglinien am Knoten 12, Retentionswirkung HRB 2 mit Varianten HRB 2, t_D=0,5h

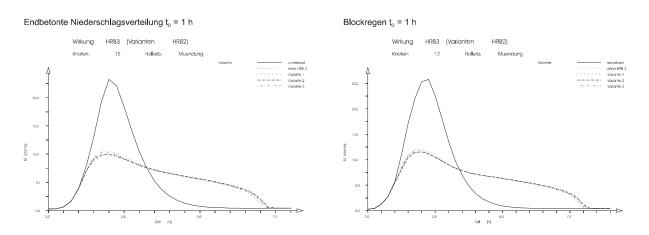


Abbildung 54: Ganglinien am Knoten 12, Retentionswirkung HRB 2 mit Varianten HRB 2, t_D =1h

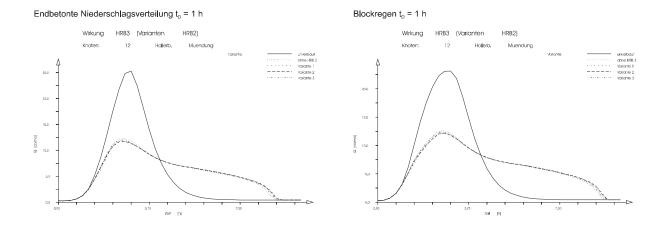


Abbildung 55: Ganglinien am Knoten 12, Retentionswirkung HRB 2 mit Varianten HRB 2, t_D =2h

4.3.3.5 Auswahl der geeigneten Variante

Bei Betrachtung der Abflußganglinien am Knoten 11 ist bei Variante 3 eine deutlich niedrigere Hochwasserspitze als bei den anderen beiden Varianten zu erkennen. am Knoten 12 hingegen weist Variante 3 jeweils die höchste Hochwasserspitze der 3 Varianten auf. Da die Fließstrecke von Knoten 10 zum Knoten 11 im unverbauten Gebiet deutlich unter dem Straßenniveau verläuft und das Rückhaltebecken Hollerbach Fischteiche zur Steigerung der Retentionswirkung des Rückhaltebeckens Hollerbach Erlenbruchwald geplant ist, ist das Abflußverhalten unmittelbar nach dem Becken nur von untergeordneter Bedeutung.

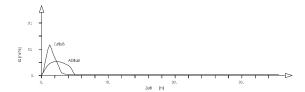
Die beiden Varianten 1 und 2 sind in ihrer Wirkung sehr ähnlich. Daher sind bei der Auswahl der geeigneten Variante vor allem ökologische Gründe vorherrschend und die Variante 2 ist auf Grund der größeren Öffnungsbreite im Sohlenbereich der Variante 1 vorzuziehen, da sich dadurch eine natürlichere Sohlengestalt einstellen kann.

Aufgrund dieser Überlegungen ist für das Rückhaltebecken Hollerbach Fischteiche die Variante 2 heranzuziehen und das Rückhaltebecken Hollerbach Erlenbruchwald mit den Ergebnissen dieser Variante zu berechnen.

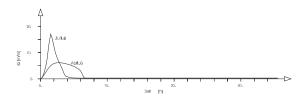
4.3.4 Ganglinien für maßgebliche Ereignisse

Nachdem auf Grund des Variantenstudiums Variante 2 gewählt wurde, können nun die Ergebnisse am besten graphisch in Form von Ganglinien dargestellt werden.

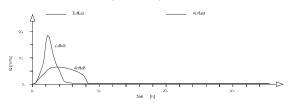
Endbetonte Niederschlagsverteilung $t_{\scriptscriptstyle D}$ = 0,5 h



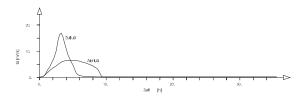
Endbetonte Niederschlagsverteilung $t_{\scriptscriptstyle D}$ = 1 h



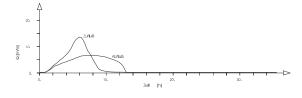
Endbetonte Niederschlagsverteilung t_D = 2 h



Endbetonte Niederschlagsverteilung $t_D = 3 h$



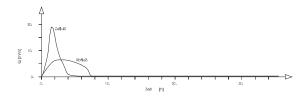
Endbetonte Niederschlagsverteilung t_D = 3 h



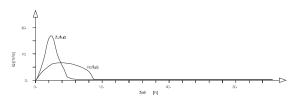
Blockregen t_D = 0,5 h



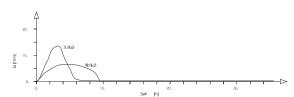
Blockregen $t_D = 1 h$



Blockregen t_D = 2 h



Blockregen t_D = 3 h



Blockregen t_D = 3 h

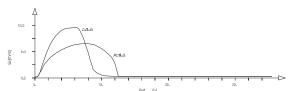


Abbildung 56: Abflußganglinien HRB 3

4.4 Auswirkung der geplanten Verbauungsmaßnahmen auf den Abfluß

Zur Darstellung der Beeinflussung des Hochwasserabflusses im Einzugsgebiet durch die geplanten Maßnahmen wurden im Flußgebiet die drei Rückhaltebecken simuliert. Die Modellrechnungen wurden für die maßgeblichen Niederschlagsereignisse und die maßgeblichen Jährlichkeiten durchgeführt. Das Ergebnis ist durch den Vergleich der Hochwasserspitzen und in Form der Ganglinien an den Knoten 2, 5, 12 und 14 dargestellt, da diese den Abfluß in den zu schützenden Bereichen Siedlungsraum Ungerbach, Siedlungsraum Unterdorf, Landeshauptstraße 147 und Mündungsbereich Ungerbach darstellen.

4.4.1 Vergleich der Hochwasserspitzen

Anhand der Hochwasserspitzen der einzelnen Ereignisse kann der Einfluß der Verbauungsmaßnahmen auf den Abfluß abgelesen und der Wirkungsgrad beurteilt werden.

Knoten im FGM	Tr =	Tr = 30 J		Tr= 100 J.		150 J.
	HQ-Spitze	Ereignis	HQ-Spitze	Ereignis	HQ-Spitze	Ereignis
	[m³/s]		[m³/s]		[m³/s]	
1	4,4	1h, Blockr.	6,1	1h, Blockr.	7,4	1h, Blockr.
2	6,5	1h, endbet.	8,3	0,5h, Blockr.	9,8	0,5h, Blockr.
3	2,4	2h, endbet.	3,5	1h, endbet.	4,4	0,5h, Blockr.
4	3,9	1h, endbet.	5,5	0,5h, Blockr.	6,9	0,5h, Blockr.
5	10,4	1h, endbet.	13,8	0,5h, Blockr.	16,7	0,5h, Blockr.
6	13,3	1h, endbet.	17,7	0,5h, Blockr.	21,5	0,5h, Blockr.
7	6,1	1h, Blockr.	8,3	1h, Blockr.	10,2	1h, Blockr.
8	6,3	1h, Blockr.	8,8	0,5h, Blockr.	10,9	0,5h, Blockr.
9	12,5	1h, Blockr.	16,7	1h, Blockr.	20,3	1h, Blockr.
10	12,8	1h, Blockr.	17,2	1h, Blockr.	20,9	1h, Blockr.
11	13,8	1h, Blockr.	19,0	1h, Blockr.	22,8	1h, Blockr.
12	9,6	1h, endbet.	12,2	2h, Blockr.	16,5	6h, endbet.
13	20,5	2h, endbet.	25,8	1h, Blockr.	30,7	0,5h, Blockr.
14	24,4	2h, endbet.	31,1	1h, Blockr.	36,7	0,5h, Blockr.

Tabelle 17: Abflüsse an den Knoten des Flußgebietsmodells bei simulierter Verbauung

Anhand der Vergleichskurven sowie der Abflußganglinien bei simulierter Verbauung im Anhang kann die Auswirkung der geplanten Maßnahmen detailliert beurteilt werden.

5 Dammberechnungen

Zur Durchführung der Dammberechnungen sind umfassende bodenmechanische und geologische Untersuchungen erforderlich. Hier sollen die Berechnungsverfahren allgemein dargestellt werden, um nach Vorliegen von Ergebnissen der bodenmechanischen und geologischen Untersuchungen mit den gültigen Werten durchgeführt zu werden.

Die Böschungen der Dämme sollen mit einer Neigung von 1:3 ausgebildet werden.

Der Erdbebenbeiwert wird nach ÖNORM B4015 Teil 1 mit $\varepsilon = 0.01$ gewählt.

Für die Berechnungen werden folgende Bezeichnungen verwendet:

- h Dammhöhe über dem Dammfuß [m]
- φ Reibungswinkel des Bodens [°]
- φ΄ Reibungswinkel des dränierten bindigen Bodens [°]
- γ Bodendichte [kN/m³]
- γ_{satt} Dichte des gesättigten Bodens [kN/m³]
- β Dammneigungswinkel [°]
- η Sicherheitsgrad [-]

5.1.1 Nachweis der Böschungssicherheit

Die Böschungen des Dammes werden mit einer Neigung von 1:3 ausgebildet. Daraus ergibt sich bei Anwendung der folgenden Formeln

$$\varphi^* = \frac{\gamma' \cdot \tan \beta + E}{\gamma' - \tan \beta \cdot E}$$

$$E = \varepsilon \cdot \gamma_{satt}$$

für die Ersatzscherfestigkeit für das Schüttmaterial bei einer erforderlichen Mindestsicherheit $\eta=1,3$ mit

$$\frac{\tan \varphi'_{erf}}{\tan \varphi^*} = 1,3$$

der erforderliche Reibungswinkel ϕ'_{erf} , der unter dem vorhanden Reibungswinkel ϕ' liegen muß.

5.1.2 Nachweis der Geländebruchsicherheit

Zum Nachweis der Geländebruchfestigkeit wurde das Gleitkreiszentrum nach JABU (TÜRKE 1990) ermittelt und danach im Lamellenverfahren nach der Formel von FRANKE (TÜRKE 1990)

$$\frac{\sum \left(\frac{G \cdot \cos \varepsilon \cdot \tan \varphi + c \cdot b \cdot \frac{\cos(\alpha - \varepsilon)}{\cos \alpha}}{\frac{1}{\eta} \cdot \sin(\alpha - \varepsilon) \cdot \tan \varphi + \cos(\alpha - \varepsilon)} \right)}{\sum G \cdot r \cdot \sin \alpha}$$

der Sicherheitsgrad η iterativ bestimmt.

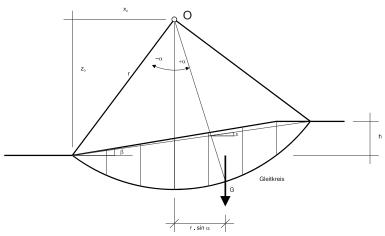


Abbildung 57: Gleitkreiszentrum nach JANBU mit Angaben der Bezeichnungen zur Geländebruchformel nach FRANKE

Eine eventuell auftretende Geländeauflast q (z.B.: Verkehrslast beim Rückhaltebecken Hollerbach Fischteiche) wird in der Rechnung durch die Annahme einer rechnerischen Schütthöhe berücksichtigt.

Rechnerische Schütthöhe: $h + \frac{q}{\gamma}$

6 Literaturverzeichnis

Amt d. Steiermärkischen Landesregierung Steiermark Information 16, Hochwasserrückhalteanlagen Planung, Bau und Betrieb;

Amt d. Steiermärkischen Landesregierung Landesbaudirektion Fachabteilung III a,

Wasserbau, Graz 1992

BERGMANN, H. Hochwasserrückhalteanlagen - Planung, Bau und Betrieb, Schriftenreihe zur

Wasserwirtschaft; Technische Universität Graz, Graz 1992

BUDA, G. Zur Geologie des Neogens der der Friedberg-Pinkafelder Bucht zwischen Pinkafeld

und Oberschützen (Burgenland), Unpupl. Diss. Univ. Wien, Wien 1979

BUNDESANSTALT für BODENWIRTSCHAFT Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000 Kartierungsbereich Kirchschlag,

Bundesanstalt für Bodenwirtschaft, Wien 1985

DVWK Merkblätter 202/1991 Hochwasserrückhaltebecken; Veralg Paul Parey, Hamburg und Berlin 1991

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und

Lawinenverbauung

Gefahrenzonenplan für die Gemeinde Kirchschlag in der Buckligen Welt,

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien 1995

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und

Lawinenverbauung

Hochwassermeldung Nr. 18, Gebietsbauleitung Südliches Niederösterreich und

Burgenland, Wiener Neustadt 1975

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und

Lawinenverbauung

Hochwassermeldung Nr. 7, Gebietsbauleitung Südliches Niederösterreich und

Burgenland, Wiener Neustadt 1982

HYDROGRAPHISCHER DIENST Hydrographische Jahrbücher; Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium

für Land- und Forstwirtschaft, Wien 1947 - 1990

KOELLA, E. Zur Abschätzung von Hochwässern in Fließgewässern an Stellen ohne

Direktmessung, Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Zürich 1986

KOLLMANN, W. Bericht 1978 über hydrogeologische Aufnahmen und hydrometrische

Trockenwettermessungen auf den Blättern 47/15 Graz, 47/16 Steinamanger (Szomathely), 48/17 Pressburg (Bratislava), - Verh. Geol. B.-A., 1979 A172- A175,

Wien 1981

KOLLMANN, W. et al. Jahresendbericht (Hydrogeologische, geophysikalische und isotopenanalytische

Untersuchungen im südlichen Burgenland im Jahr 1981), - Unpupl. Ber. z. Proj.

BA5/a/F, Geol. B.-A., Wien 1982

LUTZ, W. Berechnung von Abflüssen aus Gebietskenngrößen, Institut für Hydrologie und

Wasserwirtschaft an der Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 1984

NEBERT; K., GEUTEBRÜCK E. &

TRAUSSNIGG, H.

Zur Geologie der neogenen Lignitvorkommen entlang des Nordostsporns der Zentralalpen (Mittelburgenland), Jb. Geol. B.-A. 123(1), 39-112, Wien 1980

OFNER, G. Praxisorientierte Erstellung von Ganglinien als Grundlage für Retentionsmaßnahmen,

Wildbach- und Lawinenverbau - Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure für

Wildbach- und Lawinenverbauung Heft 106, Salzburg 1987

PAHR, A., HERRMANN, P., KOLLMANN W. Erläuterung zur Geologischen Karte der Republik Österreich 1:50.000 Blatt 137

Oberwart, Geologische Bundesanstalt, Wien 1984

PETSCHALIS, G. Entwerfen und Berechnen in Wasserbau und Wasserwirtschaft; Bauverlag,

Wiesbaden und Berlin 1989

PIRKL, H. et al. Erfassung und Beurteilung von Lockersedimenten des Burgenlandes (Phase II),

Unpubl. Endber., Proj. BA 1/79, Geol. B.-A., Wien 1981

PREISSLER, G. & BOLLRICH, G. Technische Hydromechanik Band 1; VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1985

RÖSSERT, R. Hydraulik im Wasserbau, R. Oldenbourg Verlag GmbH; München und Wien 1988

SCHUBERT, D. Allgemeine Richtlinien für Hochwasserrückhaltebecken in der WLV, Diplomarbeit an

der Univ. f. Bodenkultur, Wien 1993

Technischer Bericht: Report 0003

TÜRKE, H.

Statik im Erdbau; Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin 1990

VISCHER, D. & HAGER, W. H.

Hochwasserrückhaltebecken; Verlag der Fachvereine, Zürich 1992

7 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Lage des Einzugsgebiets Ungerbach	4
Abbildung 2: Bodentypen in den Teileinzugsgebieten	6
Abbildung 3: Anteile der Bodentypen in den Teileinzugsgebieten	7
Abbildung 4: Bewirtschaftung in den Teileinzugsgebieten	8
Abbildung 5: Anteile der Bewirtschaftungsarten in den Teileinzugsgebieten	9
Abbildung 6: Lage der Niederschlagsstationen zum Einzugsgebiet Ungerbach (M 1:200.000)	10
Abbildung 7: Niederschlagshöhen im Einzugsgebiet Ungerbach, bezogen auf die Jährlichkeit	11
Abbildung 8: Niederschlagsintensitäten im Einzugsgebiet Ungerbach bezogen auf die Jährlichkeit	12
Abbildung 9: Niederschlagsintensitätsdiagramm für das Einzugsgebiet Ungerbach	13
Abbildung 10: Flußdiagramm für das Flußgebietsmodell	15
Abbildung 11: Topographische Übersicht über das Flußgebietsmodell Ungerbach	16
Abbildung 12: Gegenüberstellung der Abflußbeiwerte ψ für verschiedene Niederschlagsereignisse, Berechnungsverfahren nach LUTZ 1984	19
Abbildung 13: Gegenüberstellung der Abflußbeiwerte ψ für verschiedene Niederschlagsereignisse, SCS-Verfahren Bodenfeuchteklasse II	20
Abbildung 14: Gegenüberstellung der Abflußbeiwerte ψ für verschiedene Niederschlagsereignisse, SCS-Verfahren Bodenfeuchteklasse II - III	20
Abbildung 15: Gegenüberstellung der Abflußbeiwerte ψ für verschiedene Niederschlagsereignisse, SCS- Verfahren Bodenfeuchteklasse III	21
Abbildung 16: Ermittlung des P1-Wertes in Abhängigkeit vom Rauhigkeitsbeiwert des Gewässers (LUTZ 198	84).22
Abbildung 17: Vergleich der Abflußspitzen der verschiedenen Berechnungsverfahren mit Hochwasserformel den Knoten 5	
Abbildung 18: Vergleich der Abflußspitzen der verschiedenen Berechnungsverfahren mit Hochwasserformel den Knoten 12	
Abbildung 19: Vergleich der Abflußspitzen der verschiedenen Berechnungsverfahren mit Hochwasserformel den Knoten 14	
Abbildung 20: Konstruktionsprinzip des HRB 1	34
Abbildung 21: Rückhaltewirkungslinie HRB 1, endbetonte NS-Verteilung	35
Abbildung 22: Rückhaltewirkungslinie HRB 1,Blockregen	36
Abbildung 23: Rückhaltewirkungslinien HRB 1	36
Abbildung 24: Abflußkurven für den Grundablaß HRB 1	38
Abbildung 25: Bezeichnungen der Maße für die Überfallformel von Poleni	38
Abbildung 26: Abflußkurve für die Hochwasserentlastung HRB 1	39
Abbildung 27: Speicherinhaltslinie HRB 1	40
Abbildung 28: Hochwasserspitzen im Ortsbereich Ungerbach für die Varianten des HRB 1	42
Abbildung 29: Reduktion der HQ-Spitze im Ortsbereich Ungerbach durch das HRB 1	42
Abbildung 30: Abflußganglinien des HRB 1	45
Abbildung 31: Abflußganglinien für den Siedlungsbereich Ungerbach	46
Abbildung 32: Rückhaltewirkungslinie HRB 2, endbetonte NS-Verteilung	48
Abbildung 33: Rückhaltewirkungslinie HRB 2, Blockregen	49
Abbildung 34: Rückhaltewirkungslinien HRB 2	49
Abbildung 35: Bezeichnung der Längenmaße beim Betriebsauslaß des HRB 2	51
Abbildung 36: Zusätzliche Maße zur Berechnung des Betriebsauslasses im Abschnitt II des HRB 2	53
Abbildung 37: Zusätzliche Maße zur Berechnung des Betriebsauslasses im Abschnitt III des HRB 2	54

Abbildung 38: Zusätzliche Maße zur Berechnung des Betriebsauslasses im Abschnitt IV des HRB 2	55
Abbildung 39: Vergleich der Varianten des Betriebsauslasses HRB 2	58
Abbildung 40: Abflußkurven für den Grundablaß HRB 2	59
Abbildung 41: Bezeichnungen der Maße für die Überfallformel von Poleni	59
Abbildung 42: Abflußkurve für die Hochwasserentlastung HRB 2	.60
Abbildung 43: Speicherinhaltslinie HRB 2	.61
Abbildung 44: Zuflußganglinien für HRB 3 (Varianten HRB 2), $t_D = 0.5h$.62
Abbildung 45: Zuflußganglinien für HRB 3 (Varianten HRB 2), $t_D = 1h$.62
Abbildung 46: Zuflußganglinien für HRB 3 (Varianten HRB 2), $t_D = 2h$.62
Abbildung 47: Zuflußganglinien für HRB 3 (Varianten HRB 2), $t_D = 3h$.63
Abbildung 48: Konstruktionsprinzip HRB 3	65
Abbildung 49: Rückhaltewirkungslinien HRB 3unter Berücksichtigung der Varianten für HRB 2	.66
Abbildung 50: Abflußkurven für den Grundablaß HRB 3	68
Abbildung 51: Abflußkurven für die Hochwasserentlastung HRB 3	69
Abbildung 52: Speicherinhaltslinie HRB 3	70
Abbildung 53: Ganglinien am Knoten 12, Retentionswirkung HRB 2 mit Varianten HRB 2, t _D =0,5h	71
Abbildung 54: Ganglinien am Knoten 12, Retentionswirkung HRB 2 mit Varianten HRB 2, t _D =1h	71
Abbildung 55: Ganglinien am Knoten 12, Retentionswirkung HRB 2 mit Varianten HRB 2, t _D =2h	72
Abbildung 56: Abflußganglinien HRB 3	73
Abbildung 57: Gleitkreiszentrum nach JANBU mit Angaben der Bezeichnungen zur Geländebruchformel nach FRANKE	76

8 Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Bodentypen in den Einzugsgebieten	6
Tabelle 2: Bewirtschaftung in den Teileinzugsgebieten	8
Tabelle 3: Vergleich der Tagesniederschläge aus verschiedenen Datenquellen	11
Tabelle 4: Maßgebliche Niederschläge zur Abflußberechnung	13
Tabelle 5: CN-Werte der Teileinzugsgebiete	19
Tabelle 6: Ausgangsdaten für das Regionalisierungsmodell	22
Tabelle 7: Hochwasserberechnung nach KOELLA 1986	24
Tabelle 8: Vergleich der Hochwasserspitzen der Verschiedenen Berechnungsmethoden	26
Tabelle 9: Bemessungsabflüsse an den Knoten des Flußgebietsmodells	27
Tabelle 10: Volumina im HRB 1	40
Tabelle 11: Abfluß aus dem HRB 1	41
Tabelle 12: Abfluß im Ortsbereich Ungerbach	41
Tabelle 13: Hochwasserspitzen im Ortsbereich Ungerbach für Varianten des HRB 1	41
Tabelle 14: Formeln zur Ermittlung der Grenztiefe im HRB 2	57
Tabelle 15: Volumina im HRB 2	61
Tabelle 16: Volumina im HRB 3	70
Tabelle 17: Abflüsse an den Knoten des Flußgebietsmodells bei simulierter Verbauung	74