

Untersuchung der Hydrologie des Oberen Murtales

sowie

Vorstudie für die Planung eines Retentionsbeckens in der Gemeinde Fohnsdorf - "Projekt Winterbach"

Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
an der Universität für Bodenkultur Wien

Betreuer
Ao. Univ. Prof. DI Dr. Bernhard Pelikan

verfasst am

Department für Wasser - Atmosphäre - Umwelt

*Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und
konstruktiven Wasserbau*

in Zusammenarbeit mit dem

*Forsttechnischen Dienst für Wildbach - und Lawinerverbauung
Gebietsbauleitung Oberes Murtal - Scheiffling*



Rainer Ressmann

Wien, 2010



Diese Arbeit ist meinen Eltern Helga und Heribert Ressmann gewidmet, die es mir ermöglichten eine fundierte Ausbildung zu genießen, und die mich auf meinem bisherigen Lebensweg auf jede nur denkbare Art und Weise unterstützt und gefördert haben.

Danksagung

Zu Beginn möchte ich ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Bernhard Pelikan für die Betreuung an der Universität für Bodenkultur und die Durchsicht der Diplomarbeit danken.

Mein Dank gilt auch HR. Dipl.- Ing. Max Pöllinger und Dipl.- Ing. Stefan Fieger vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung - Gebietsbauleitung "Oberes Murtal", welche es mir ermöglicht haben diese projektbezogene Arbeit zu schreiben, und mich dabei tatkräftig vor Ort unterstützt haben.

Dank gilt ebenfalls meiner Familie und meinen Freunden, die mich während meiner Studienzeit gefördert und begleitet haben.

Kurzzusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit gliedert sich in zwei Teile, welche auf Problemstellungen des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung beruhen.

Im ersten Teil der Arbeit werden die hydrologischen Gegebenheiten in den Bezirken Judenburg, Knittelfeld und Murau analysiert. Ziel dieses Abschnittes der Diplomarbeit war es, Niederschlagskarten für verschiedene Jährlichkeiten zu erstellen. Für diesen Zweck wurden die Datenblätter von 28 Niederschlagsmessstationen ausgewertet. Die gewünschten Jährlichkeiten wurden mittels Extremwertstatistik berechnet. Bei den Berechnungen sind verschiedene Verteilungsfunktionen zum Einsatz gekommen. Die im Zuge dieser Arbeit erstellten Karten dienen der Wildbach- und Lawinenverbauung bei zukünftigen Projekten als Planungsunterlagen. Auch für den zweiten Teil dieser Arbeit, welcher sich mit der Planung und Projektierung eines gesteuerten Hochwasserrückhaltebeckens beschäftigt, dienen die Daten aus dem ersten Teil als Datengrundlage.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde für das Projekt "Winterbach in der Gemeinde Fohnsdorf eine Vorstudie für ein Verbauungsprojekt erstellt. Dabei werden die für die Planung eines Retentionsbeckens notwendigen Schritte beschrieben und die erforderlichen Berechnungen durchgeführt. Basierend auf den topographischen Gegebenheiten vor Ort und dem Wunsch der Wildbach- und Lawinenverbauung unter einer Gesamtbauwerkshöhe von 15m zu bleiben, wurden mehrere Varianten untersucht. Aufgrund dieser Variantenstudie stellte sich heraus, dass bei den örtlichen Gegebenheiten ein gesteuertes Retentionsbecken den größten Nutzen bringt. Dabei kommt es zu einer Reduktion des Abflusses von rund $13 \text{ m}^3/\text{sec}$ auf $4,5 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Bedingt durch die Talform und das große Gefälle kommt es zur Einstauung der bachaufwärtsgelegenen Geschiebesortiersperre. Bezugnehmend drauf werden mehrere Möglichkeiten zur Reduktion des Auftriebes und damit zur Verbesserung der Standfestigkeit des Bauwerkes angeführt.

Die Pläne (Vermessung, Lageplan, Querprofile, Bautypen, etc.) sind als Anhang dieser Diplomarbeit beigelegt.

Abstract

The thesis presented in this paper consists of two parts, which deal with problems concerning the Forest Engineering Service in Torrent and Avalanche Control.

In the first part of the work, the hydrologic conditions for the districts of Judenburg, Knittelfeld, and Murau are analyzed. The aim of these chapters is to establish precipitation-maps for specific periodic events with a given annuality. For this purpose data from 28 gauging stations have been evaluated. The desired annualities were calculated by using extreme value statistics. Various distributive functions were used in the calculations. The charts presented in the context of this work are intended to assist the planning for future projects of the Forest Engineering Service. The data in this first section also come into play in section two, which deals with planning and implementation of a float-lever-controlled detention basin for flood waters.

In the second part of the paper, a preliminary proposal for a containment project is offered as the "Winterbach" project in the community of Fohnsdorf. Necessary steps in the construction of a retention basin are outlined, and the required calculations put forth. Based on the topological features of the region and the desired limit of 15 meters in height for the construction, a number of variables were examined. As a result, it was determined that a float-lever-controlled retention basin would be most feasible and produce the greatest benefits. The projected reduction in flow is from 13 to 4,5 cubic meters per second.

Because of the topology of the area and the substantial slope, the torrential barrier construction in the upper region will be partially submerged. This thesis addresses several possibilities for the reduction in bouyancy in order to ensure greater stability of the construction.

The plans (survey, site plan, topology, construction types, etc.) are included as attachments to this paper.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung	1
I	Hydrologische Untersuchung	2
2	Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes	3
3	Die kleinklimatischen Regionen	5
3.1	Übersicht über die einzelnen Gebiete	5
3.2	Die Alpenregionen im Oberen Murtal	7
3.3	Die Passlandschaften im Norden des Murtales	7
3.4	Die Tallagen entlang der Mur	7
3.5	Die Beckenlagen im Osten	8
4	Datengrundlage	9
4.1	Regionalisierung	9
4.2	Auswahl von Messstationen	10
4.3	Niederschlagsdaten der Messstationen	11
5	Berechnungsgrundlagen	16
5.1	Berechnete Niederschlagsdaten	16
5.2	Jährlichkeiten	17

5.3	Kriging	20
6	Interpretation der Niederschlagsdaten	23
6.1	Graphische Darstellung der berechneten Werte	23
6.2	Interpretation der berechneten Jährlichkeiten	28
II	Planung und Projektierung eines Retentionsbeckens	29
7	Allgemeine Vorgehensweise	30
8	Beschreibung des Projektvorhabens „Winterbach“	32
9	Lage und Geologie des Planungsgebietes	33
10	Gewässerspezifische Angaben	36
10.1	Fohnsdorferbach	36
10.2	Winterbach	37
11	Abflussberechnung	39
11.1	Die Berechnungsmodelle	39
11.1.1	Berechnung nach Wundt	39
11.1.2	Berechnung nach Bergthaler	40
11.1.3	Berechnung nach dem SCS-Modell	44
11.1.4	Berechnung nach dem ZEMOKOST-Modell	47
11.2	Ergebnisse	52
12	Geschiebefrachtermittlung	53
12.1	GPB - Geschiebepotentialband	53
12.1.1	Beispiel – Homogenbereich 1	56
12.2	Ergebnis	57

13	Ganglinienberechnung	59
13.1	Ermittlung der Zuflussganglinie	59
13.2	Ermittlung der Abflussganglinie	62
14	Volumensermittlung	63
14.1	Volumenberechnung	63
15	Variantenstudie	67
15.1	Schwimmersteuerung	68
15.2	Variante I	72
15.3	Variante II	73
16	Geplante Bauwerke	75
16.1	Retentionsbecken	77
16.1.1	Abmessungen	78
16.2	Geschiebesortierwerk	79
16.2.1	Auftrieb	79
16.2.2	Abmessungen	81
16.3	Querwerke	81
16.3.1	Abmessungen	82
	Abbildungsverzeichnis	83
	Tabellenverzeichnis	85
	Literaturverzeichnis	86
III	Anhang	88
.1	Datenblätter der Niederschlagsstationen	I
.2	Kopie des Aktenvermerks vom 28.06.2005	II
.3	Volumsberechnung – Tabellen	III

.4	Datenblätter und Graphiken der Ganglinien	IV
.5	Photos	V
.6	Pläne der Variante I	VI

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Zielsetzung

Im Zuge des ersten Teiles soll eine Regionalisierung in Bezug auf das Niederschlagsverhalten im Bereich des Oberen Murtales erarbeitet werden. Als Datenbasis dienen die Jährlichkeiten der maximalen Tagesniederschläge, die durchschnittlichen Jahresniederschläge und die maximalen Jahresniederschläge. Diese Daten werden mit den vorhandenen Daten aus dem Hydrologischen Atlas [1] verglichen und eventuell auftretende Zusammenhänge oder Unterschiede genauer betrachtet.

Der zweite Teil der Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Planung und Projektierung eines Retentionsbeckens im Gebiet des Oberen Murtales. Als hydrologische Planungsgrundlage dienen hierfür die ermittelten Daten aus dem ersten Teil dieser Arbeit.

Teil I

Hydrologische Untersuchung

Kapitel 2

Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Bei dem untersuchten Gebiet handelt es sich um den Betreuungsbereich des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung (Gebietsbauleitung „Oberes Murtal“) mit Sitz in Scheifling. Der Betreuungsbereich umfasst die politischen Bezirke Judenburg, Knittelfeld und Murau. Einen Überblick über die geografische Lage bietet Abbildung 2.1 auf Seite 4. Darauf sind die betreffenden politischen Bezirke farbig herausgehoben.

Das gesamte Gebiet umfasst eine Fläche von 3063,5 km² und speist über 650 Wildbäche. Das größte fließende Gewässer in dieser Region ist die Mur, welche relativ genau in der Mitte der einzelnen Bezirke ihr Flussbett gegraben hat. Die höchsten Berge in der Gegend sind der Greim mit 2474 m, der Eisenhut mit 2441 m, der Seckauer Zinken mit 2397 m und der Zirbitzkogel mit einer Höhe von 2396 m.

Nach Norden hin begrenzen die Wölzer Tauern und die Triebener Tauern (beide Teil des Massives der Niederen Tauern) sowie die Seckauer Alpen dieses Gebiet im Westen der Steiermark. Im Süden stellen die Gurktaler Alpen gemeinsam mit den Seetaler Alpen eine natürliche Begrenzung dar. Nach Osten hin ist der Talkessel weitgehend geöffnet, während sich im Westen das Massiv der Hohen Tauern zu seiner vollen Größe erhebt.

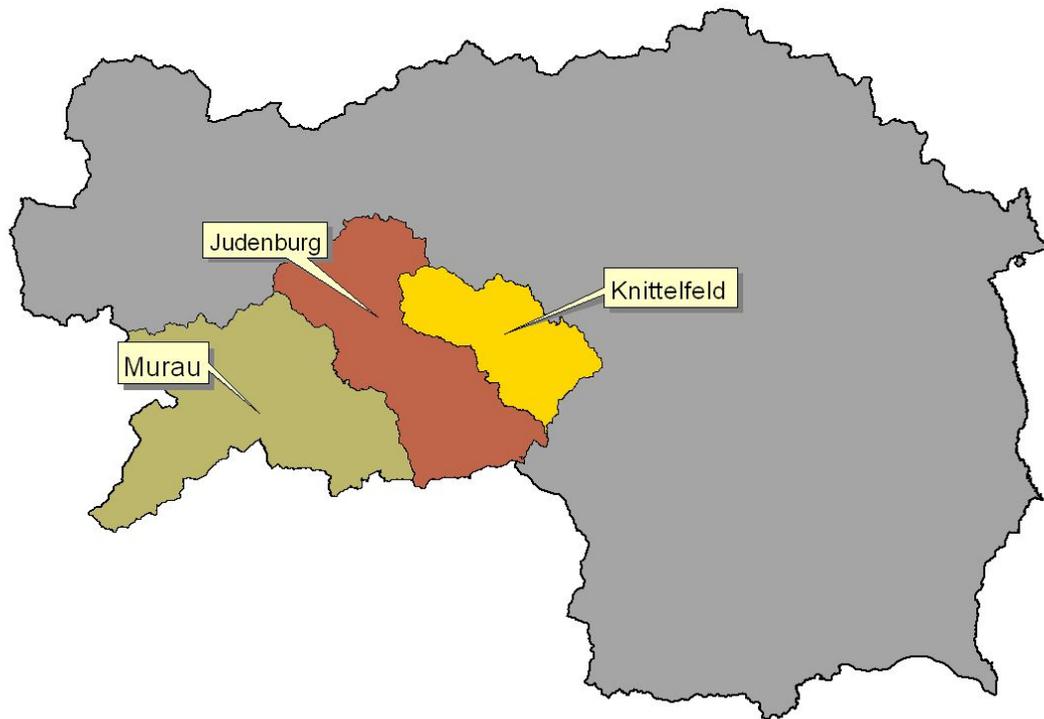


Abbildung 2.1: Übersichtskarte der Steiermark

Klimatisch gesehen unterliegen die drei Bezirke dem kontinentalen Klima. Auf die Klimasituation im Detail wird in Kapitel 3 auf Seite 5 genauer eingegangen.

Kapitel 3

Die kleinklimatischen Regionen

Anmerkung zu diesem Kapitel¹

3.1 Übersicht über die einzelnen Gebiete

Im Bereich des Oberen Murtales können die folgenden dreizehn kleinklimatischen Regionen ausgeschieden werden.

1. *Glein-, Stub- und Packalpe*
2. *Knittelfeld–Judenburger–Becken mit Seitentälern im Südosten*
3. *Murparalleltal*
4. *Murtal bis Judenburg mit Seitentälern*
5. *Neumarkter Passlandschaft*
6. *Nockberge*
7. *Obdacher Passlandschaft*
8. *Paltental mit Triebental und Strechau*

¹Die in diesem Kapitel verwendeten Bezeichnungen und Beschreibungen beziehen sich auf die Internetseite des Landes Steiermark [4] zum Thema „Klimaregionen der Steiermark“

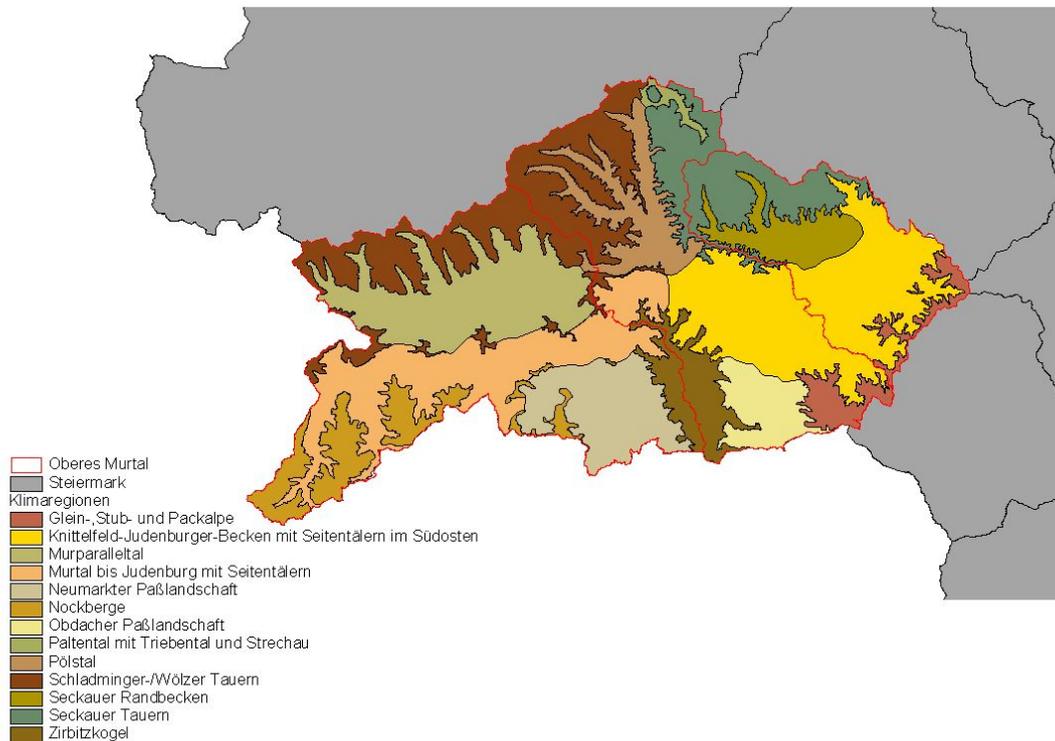


Abbildung 3.1: Lage der Klimaregionen

9. *Pölstal*

10. *Schladminger-/Wölzer Tauern*

11. *Seckauer Randbecken*

12. *Seckauer Tauern*

13. *Zirbitzkogel*

Die Abbildung 3.1 auf Seite 6 gibt einen Überblick wo sich diese einzelnen Klimazonen im Bereich des Untersuchungsgebietes wiederfinden. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden nun die einzelnen Regionen mit ihren klimatologischen Eigenschaften näher besprochen. Einige der ausgewiesenen Gebiete werden auf Grund von großen klimatischen Ähnlichkeiten in größere Gruppen zusammengefasst, da es für die vorliegende Arbeit

nicht notwendig ist, in diesem Bereich zu sehr in die Tiefe zu gehen. Es soll lediglich ein Überblick über die Klimasituation im Oberen Murtal gegeben werden.

3.2 Die Alpenregionen im Oberen Murtal

In diese Region fallen die *Nockberge* der *Zirbitzkogel* die *Schladminger-/ Wölzer Tauern* und die *Seckauer Tauern* aus den oben genannten Klimaregionen [4]. Das Klima in dieser Region ist geprägt durch die Höhenlage. Die Bergkämme erreichen Höhen von über 2400 m. Die Region ist kontinental geprägt und ist durch relativ schneearme Winter gekennzeichnet. *Hinsichtlich der Windverhältnisse muss in den Kamm- und Gipfellagen mit extremen Bedingungen gerechnet werden.* [4] In Bezug auf die Sonnenscheindauer sind diese beiden Klimate durchaus begünstigt.

3.3 Die Passlandschaften im Norden des Murtales

Zusammengefasst werden in diesem Kapitel die *Obdacher Passlandschaft* und die *Neumarkter Passlandschaft* [4]. Das Klima in diesen Gebieten kann im Allgemeinen als ein *kontinental geprägtes Talbeckenklima* angesehen werden [4]. Der kontinentale Einfluss äußert sich besonders beim Niederschlagsverhalten im Vergleich zwischen Winter und Sommer. Die Werte weichen bis um das fünffache voneinander ab. Die Anzahl der Nebeltage, ebenso wie die Frostgefährdung in dieser Region ist relativ gering. Die Winter sind schneearm.

3.4 Die Tallagen entlang der Mur

Klimatisch gesehen können die drei Klimate das *Murparalleltal*, das *Murtal bis Judenburg mit Seitentälern* und das *Pölstal* als eine Region mit kontinentaler Prägung behandelt werden [4]. Es herrscht ein *winterkaltes, mäßig sommerwarmes Talklima* das im steiermarkweiten Vergleich zu den niederschlagärmsten Klimaten zählt [4]. In diesem Bereich hat sich ein *ausgeprägtes Murtalwindsystem* entwickelt, das einen positiven Einfluss auf

die Nebelverhältnisse in der Gegend hat [4]. Der Wind weht meist aus westlicher Richtung.

3.5 Die Beckenlagen im Osten

In diese Kategorie fallen das *Knittelfeld–Judenburger–Becken mit Seitentälern im Südosten* und das *Seckauer Randbecken* [4]. Gekennzeichnet ist dieses Klima durch relativ wenig Niederschlag in den Wintermonaten und die dadurch verbundene Schneearmut. Grundsätzlich handelt es sich um ein *kontinental geprägtes Beckenklima* [4]. Aufgrund der Beckenlage kommt es häufiger zur Bildung von Nebel in den Niederungen. Vor allem in den Wintermonaten steigt die Wahrscheinlichkeit für die Bildung von Hochnebefeldern. Das Murtaalwindssystem ist für die Durchlüftung des Gebietes zuständig, erreicht allerdings in einigen Bereichen nicht den Talboden, was zu einer erhöhten Kalmenbildung führt.

Kapitel 4

Datengrundlage

4.1 Regionalisierung

Es gibt für den betreffenden Bereich der Steiermark ein Netz an Niederschlagsmessstationen, welche teilweise eine bereits sehr lange Tradition haben und bereits seit über 100 Jahren bestehen. Um nun eine flächendeckende Aussage über das gesamte Gebiet zu erhalten, müssen die einzelnen Stationen miteinander vernetzt werden. Diese Vernetzung lässt sich mit Hilfe von GIS-Systemen relativ einfach berechnen und ergibt eine anschauliche Darstellung der Daten. Als Beispiel sei an dieser Stelle auf die Abbildung 4.1 auf Seite 10 verwiesen. Die Verteilung wurde mittels Kriging (siehe Kapitel 5.3 auf Seite 20) berechnet und anschließend grafisch aufbereitet. Mit Hilfe der so erhaltenen „Karten“, ist es möglich Gebiete mit ähnlichem Niederschlagsverhalten auszuweisen und zu einer Region zusammenzufassen. Bei der Verwendung der Karten sollte man sich dessen bewusst sein, dass es sich dabei trotz allem um interpolierte Daten und nicht um gemessene Daten handelt. Es kann daher trotz allem zu Unstimmigkeiten kommen. Gründe dafür können zum Beispiel fehlende Stationen in lokalen Extremgebieten sein. In den Wiener Mitteilungen [3] finden sich zu dem Thema Regionalisierung umfangreiche Beiträge.

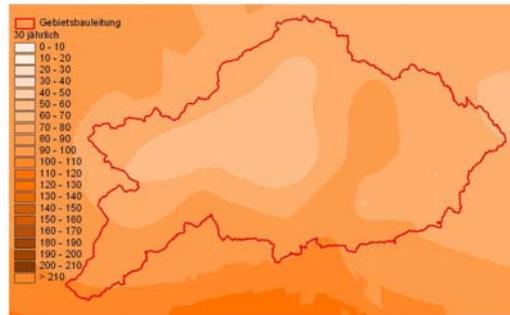


Abbildung 4.1: Beispielhafte Darstellung der Daten

4.2 Auswahl von Messstationen

Um geeignete und vor allem repräsentative Daten zu erhalten, konnten nicht alle Niederschlagsmessstationen, die es im Oberen Murtal und dessen Umgebung gibt für die Untersuchung verwendet werden. Etliche Messstationen verfügen über zu kurze Aufzeichnungsreihen und hätten daher die Statistik maßgeblich verfälscht. Wie bereits in Kapitel 4.1 auf Seite 9 erwähnt wurde, haben einige der Stationen Aufzeichnungen von über hundert Jahren. Mehr als die Hälfte der verwendeten Niederschlagsdaten wurden aus diesen Zeitreihen berechnet. Die weiteren verwendeten Stationen hatten zumindest Aufzeichnungen von über 30 bzw. über 50 Jahren. (Die Aufzeichnungen der Messstationen in Tabellenform sind im Anhang zu finden.)

Bei den ersten Versuchen sind auch Datenreihen von nur wenigen Jahren in die Berechnung eingebunden worden. Das Ergebnis waren Jährlichkeiten mit einem Schwankungsbereich von bis zu 50 Prozent und Werte, die weit unter bzw. über den tatsächlichen Werten lagen. Diese Stationen wurden in weiterer Folge von den Berechnungen ausgeschlossen. In Abbildung 4.2 auf Seite 11 sind die schlussendlich verwendeten Stationen eingezeichnet.

Die Verteilung der Stationen über das Gebiet ist relativ gleichmäßig und ist zusätzlich in Bereichen mit ändernden Höhenstufen verdichtet, um auf den Einfluss der Höhe auf die Niederschlagsmenge Rücksicht zu nehmen. In der Tabelle 4.1 auf Seite 12 sind die



Abbildung 4.2: Die verwendeten Messstationen

einzelnen Stationen mit ihrer HZB-Nr. angegeben.

4.3 Niederschlagsdaten der Messstationen

Die Rohdaten für die Berechnungen in dieser Arbeit wurden teils von der *Fachabteilung 19A - Referat I - Hydrographie des Landes Steiermark* zur Verfügung gestellt und teils aus dem Internet von der Plattform des *Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)* namens *EHYD* [5] heruntergeladen. In Abbildung 4.3 auf Seite 13 ist ein Bildschirmausschnitt des Programmes *EHYD* [5] zu sehen, auf dem die Messstation Großlobming dargestellt ist.

In dem weißen Rechteck im unteren Bereich der Abbildung sind drei Zeilen zu sehen. In der ersten Zeile befindet sich der Name und die HZB-Nr. der ausgewählten Mess-

Breitenbach	HZB 123034	Flattnitz	HZB 113951
Großlobming	HZB 112771	Hohen Tauern	HZB 106120
Ingering II	HZB 111781	Judenburg	HZB 111716
Kleinlobming	HZB 123018	Kraubath/Mur	HZB 111807
Mautern	HZB 111831	Murau	HZB 111633
Neumarkt	HZB 114017	Noreia	HZB 114033
Obdach	HZB 111773	Oberwölz	HZB 111690
Oberzeiring	HZB 111740	Paal – Stadl	HZB 112508
Pusterwald	HZB 111732	Schmelz	HZB 111765
Schöder	HZB 111674	Seckau	HZB 111799
Seethal	HZB 111641	St. Johann/Tauern	HZB 111724
St. Lambrecht	HZB 111682	St. Michael/Lungau	HZB 111534
St. Nikolai/SölktaI	HZB 106005	St. Wolfgang	HZB 123026
Unzmarkt	HZB 111708	Wald a. Schoberpaß	HZB 111815

Tabelle 4.1: Name und HZB-Nr. der verwendeten Messstationen

station. Die beiden anderen Zeilen stellen Links dar, über welche man die allgemeinen Informationen über die Messstation, sowie die Tagesreihen der Niederschläge seit 1971 in Form einer *csv*-Datei herunterladen kann. Abbildung 4.4 auf Seite 14 zeigt einen Ausschnitt aus einem heruntergeladenen Dokument, das zur besseren Lesbarkeit nachbearbeitet wurde (Zellenausrichtung und horizontale Linien). Die *csv*-Daten können mit Microsoft Excel geöffnet und weiter bearbeitet werden. Die weitere Bearbeitung der Daten wird in Kapitel 5.1 auf Seite 16 besprochen.

Die Datenblätter, welche von der *Hydrographie des Landes Steiermark* zur Verfügung gestellt wurden, waren als *pdf*-Dateien gespeichert. Abbildung 4.5 auf Seite 15 zeigt ein solches Datenblatt. Um mit diesen Daten zu arbeiten wurden sie ebenfalls zuerst in Microsoft Excel übertragen. Der grundlegende Unterschied zwischen den beiden Dokumenten ist der Datenumfang. Während die Daten des *Hydrographischen Dienstes* die Monatsniederschlagssummen und den maximalen aufgetretenen Tagesniederschlag des Jahres

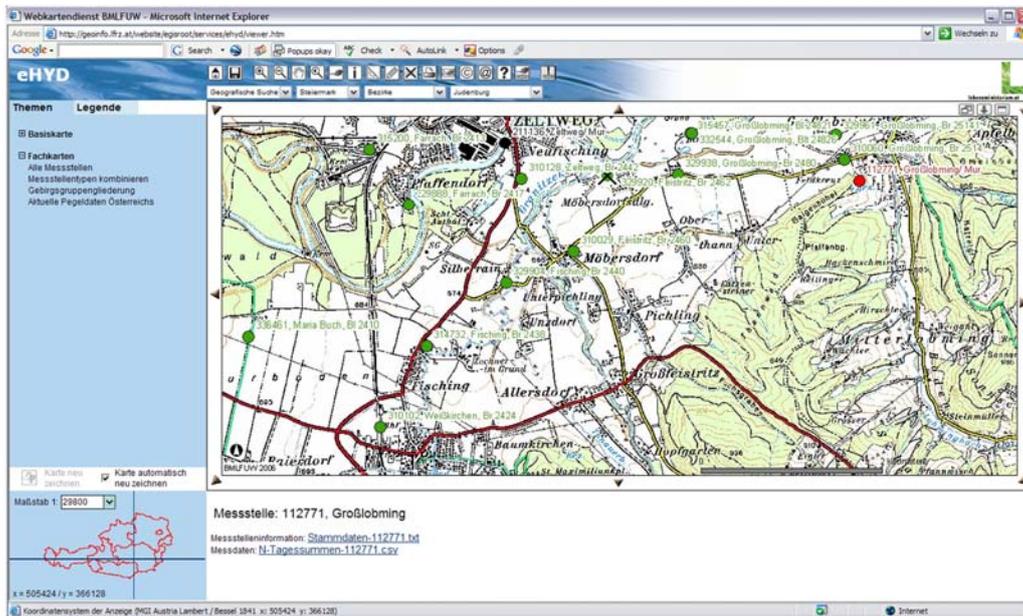


Abbildung 4.3: Bildschirmausschnitt aus dem Programm *EHYD*

umfassen, sind bei den Daten aus dem Internet für jeden Tag seit 1971 die Niederschläge einzeln angeführt. Einen wesentlichen Vorteil stellt der längere Beobachtungszeitraum bei den Daten des *Hydrographischen Dienstes* dar.

HZB-Nummer:	112771		
HD-Nummer:	NL2440		
DBMS-Nummer:	6000196		
Messstelle:	Großlobming		
Gewässer:	Mur		
Dienststelle:	HD-Steiermark		
Höhe (PNP) [m ü.A.]:	650		
Geographische Koordinaten:			
gültig seit:	Länge (Grad,Min,Sek):	Breite (Grad,Min,Sek):	
01.01.1988	14 48 18	47 10 52	
Exportzeitreihe:			
Zeitreihe:	Niederschlag,I,Sum,T,1,O,Z,0,		
Exportqualität:	MAXQUAL		
Parameter:	Niederschlag		
Definitionsart:	I		
Aussage:	Sum		
Einheit:	mm		
Zeitraum:	01.01.1988 07:00	bis	01.01.2002 07:00
Der Intervallwert gilt bis zum nächsten Zeitpunkt mit einem Wert oder Lücke			
Werteformat:	1 Nachkommast.		
Werte:			
	01.01.1988 07:00		0
	02.01.1988 07:00		0
	03.01.1988 07:00		0
	04.01.1988 07:00		0
	05.01.1988 07:00		0
	06.01.1988 07:00		3,8
	07.01.1988 07:00		9,9
	08.01.1988 07:00		0
	09.01.1988 07:00		0
	10.01.1988 07:00		0
	11.01.1988 07:00		0
	12.01.1988 07:00		0
	13.01.1988 07:00		0
	14.01.1988 07:00		0
	15.01.1988 07:00		0
	16.01.1988 07:00		0
	17.01.1988 07:00		0
	18.01.1988 07:00		0
	19.01.1988 07:00		0
	20.01.1988 07:00		0
	21.01.1988 07:00		5,6
	22.01.1988 07:00		10,5
	23.01.1988 07:00		0
	24.01.1988 07:00		0
	25.01.1988 07:00		8,4
	26.01.1988 07:00		0
	27.01.1988 07:00		0
	28.01.1988 07:00		0
	29.01.1988 07:00		7
	30.01.1988 07:00		0
	31.01.1988 07:00		0
	01.02.1988 07:00		0
	02.02.1988 07:00		1,7
	03.02.1988 07:00		0
	04.02.1988 07:00		0
	05.02.1988 07:00		0
	06.02.1988 07:00		0
	07.02.1988 07:00		9,8
	08.02.1988 07:00		1,7
	09.02.1988 07:00		1,3
	10.02.1988 07:00		4
	11.02.1988 07:00		0

Abbildung 4.4: Beispielhafte Tabellenansicht der heruntergeladenen Daten *EHYD*

29.11.2004 09:58

Hydrographischer Dienst in Österreich

N1

**Monats- und Abschnittssummen der Niederschläge in mm
Jahresauswertung**

Maximale Lückendauer [N]
Vergleichszeitraum: 99

Auswertungszeitraum: [01.01.1947 07:00:00,01.01.2004 07:00:00]

													Unzmarkt			Eigentümer: HD		
H2BNr.: 111708													Hohe: 745 m u.A.					
HDNr.: NL2170																		
DBMSNr.: 6000090																		
													Mur					
Zeitraum	Jän	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	Tagmax	Datum			
1947	10.0	42.0	20.0	2.0	81.0	80.0	110.0	36.0	9.0	12.0	63.0	70.0	535					
1948	34.0	23.0	12.0	17.0	50.0	120.0	130.0	78.0	22.0	49.0	15.0	12.0	562	40.4	18.06.			
1949	29.0	1.0	2.0	29.0	70.0	64.0	109.0	104.0	35.0	25.0	86.0	15.0	569	20.6	22.05.			
1950	34.0	18.0	2.0	85.0	51.0	77.0	65.0	103.0	73.0	14.0	60.0	72.0	654	30.6	10.07.			
1951	81.0	24.0	18.0	51.0	71.0	72.0	97.0	91.0	72.0	17.0	103.0	0.0	697	50.2	21.11.			
1952	24.0	32.0	29.0	38.0	46.0	91.0	84.0	118.0	107.0	123.0	19.0	33.0	744	44.9	26.10.			
1953	19.0	13.0	8.0	82.0	53.0	115.0	154.0	123.0	64.0	46.0	27.0	16.0	720	42.1	19.07.			
1954	63.0	12.0	48.0	51.0	130.0	169.0	186.0	105.0	129.0	29.0	39.0	97.0	1058	52.9	27.07.			
1955	6.0	61.0	26.0	21.0	73.0	75.0	88.0	72.0	52.0	75.0	18.0	26.0	593	24.0	18.10.			
1956	15.0	14.0	69.0	68.0	77.0	114.0	80.0	130.0	39.0	148.0	23.0	8.0	785	54.2	26.10.			
1957	13.0	30.0	16.0	71.0	83.0	137.0	156.0	113.0	56.0	9.0	25.0	16.0	725	44.1	12.06.			
1958	39.0	19.0	14.0	32.0	17.0	137.0	112.0	179.0	119.0	89.0	50.0	70.0	877	63.6	22.09.			
1959	3.0	4.0	30.0	66.0	70.0	168.0	92.0	97.0	14.0	54.0	50.0	42.0	690	61.5	12.08.			
1960	12.0	34.0	52.0	18.0	60.0	129.0	155.0	145.0	125.0	76.0	58.0	87.0	951	54.8	05.09.			
1961	19.0	25.0	5.0	38.0	43.0	86.0	115.0	67.0	33.0	100.0	46.0	78.0	655	48.4	04.07.			
1962	25.0	32.0	16.0	16.0	110.0	108.0	150.0	100.0	74.0	59.0	44.0	36.0	770	41.2	28.07.			
1963	23.0	13.0	47.0	29.0	77.0	108.0	83.0	154.0	65.0	9.0	91.0	27.0	726	41.2	21.08.			
1964	0.0	9.0	47.0	65.0	87.0	86.0	77.0	96.0	45.0	166.0	71.0	32.0	781	34.0	08.10.			
1965	20.0	4.0	24.0	54.0	110.0	98.0	186.0	126.0	143.0	0.0	40.0	31.0	836	44.1	09.08.			
1966	8.0	13.0	10.0	36.0	29.0	93.0	154.0	266.0	40.0	53.0	42.0	48.0	792	50.2	15.08.			
1967	6.0	21.0	53.0	34.0	85.0	44.0	139.0	97.0	85.0	38.0	64.0	14.0	680	28.5	08.09.			
1968	64.0	13.0	11.0	25.0	69.0	145.0	142.0	139.0	73.0	31.0	60.0	24.0	796	31.9	09.07.			
1969	10.0	35.0	22.0	18.0	52.0	89.0	77.0	100.0	101.0	9.0	107.0	32.0	652	38.3	07.07.			
1970	6.0	48.0	56.0	71.0	60.0	106.0	123.0	261.0	66.0	41.0	47.0	23.0	908	65.3	08.08.			
1971	15.2	9.4	10.4	31.9	47.8	84.2	107.0	164.9	71.1	28.2	53.1	25.7	649	40.0	24.09.			
1972	36.1	35.4	19.4	96.6	166.9	130.4	127.5	33.9	54.4	37.2	22.4	13.0	773	38.2	31.05.			
1973	23.1	28.4	9.3	52.3	42.8	189.2	66.1	51.6	171.4	24.8	29.3	40.6	729	52.5	24.09.			
1974	12.1	16.6	50.8	35.6	37.1	95.9	87.9	126.6	69.6	34.4	22.0	25.7	614	41.0	04.03.			
1975	26.3	0.1	165.5	56.8	83.5	176.2	114.8	125.0	48.1	24.5	54.2	16.7	892	53.3	29.06.			
1976	47.8	26.8	0.4	43.0	79.0	22.1	188.0	41.6	69.4	81.1	38.2	42.8	680	51.5	20.07.			
1977	41.8	39.6	37.3	44.7	76.4	66.7	101.8	89.2	34.3	9.2	21.2	43.4	606	23.8	08.08.			
1978	43.7	10.1	22.2	47.8	53.1	99.3	125.6	76.2	68.0	27.6	14.0	23.0	611	39.0	18.07.			
1979	25.4	66.7	46.9	77.8	34.6	175.8	152.3	76.5	60.1	38.4	119.4	31.9	906	50.1	09.11.			
1980	18.4	6.9	24.4	20.2	53.9	123.6	101.1	81.6	44.8	122.9	51.7	39.5	689	48.0	08.10.			
1981	25.5	17.3	15.0	28.0	100.8	70.3	155.6	126.7	89.1	69.6	7.4	20.5	726	48.0	18.07.			
1982	48.4	13.5	28.2	13.5	91.7	119.5	71.1	134.0	56.2	121.4	33.4	60.6	792	33.5	27.06.			
1983	64.4	30.9	17.1	22.3	104.8	75.3	60.3	99.1	148.0	57.6	15.4	23.0	718	51.0	11.09.			
1984	10.8	47.2	14.4	40.8	105.8	48.4	75.6	104.8	93.2	51.2	13.7	13.1	619	30.8	23.09.			
1985	16.7	20.0	77.5	48.0	92.4	131.8	115.4	176.4	43.2	13.0	84.4	39.9	859	42.4	17.08.			
1986	68.5	25.2	48.9	43.8	60.8	100.6	61.0	163.4	69.9	28.7	42.8	33.2	747	34.3	23.11.			
1987	36.3	43.6	50.3	14.0	105.6	111.7	110.8	81.5	64.8	41.0	70.0	21.8	751	38.6	25.07.			
1988	35.8	37.4	28.3	32.5	62.3	73.5	82.0	118.1	110.5	35.3	8.1	36.0	660	44.6	20.08.			
1989	7.3	25.8	41.2	96.1	70.9	102.6	220.2	180.6	114.1	8.6	39.9	12.7	920	50.2	18.08.			
1990	11.1	64.0	36.7	54.7	62.2	109.1	150.1	66.4	105.9	105.9	90.7	38.0	895	44.3	31.07.			
1991	14.4	21.6	36.3	28.9	90.0	129.3	167.9	42.6	71.5	41.7	102.3	74.7	821	52.2	24.07.			
1992	10.3	7.9	56.7	55.2	61.5	96.0	47.9	76.5	81.4	96.6	42.5	51.4	684	28.3	03.06.			
1993	7.6	3.6	23.3	15.5	45.6	78.9	215.1	66.5	68.0	148.4	24.6	34.3	731	54.7	20.07.			
1994	26.5	2.2	0.7	38.1	70.6	89.2	151.6	155.0	88.5	63.4	34.8	19.1	740	48.5	06.07.			
1995	19.6	32.4	40.1	43.9	70.5	103.6	83.9	127.3	71.9	1.1	22.2	35.1	652	29.5	08.09.			
1996	20.0	23.1	9.5	50.4	101.8	105.0	77.8	110.8	56.4	123.0	88.2	10.8	777	45.2	14.11.			
1997	26.2	12.7	25.9	49.2	46.7	121.7	130.4	89.0	58.0	20.6	74.5	45.5	700	29.6	28.07.			
1998	1.9	1.4	26.1	61.0	49.7	198.2	142.2	80.1	102.5	111.4	27.4	23.5	825	48.2	26.06.			
1999	11.0	21.2	19.5	46.5	104.5	72.4	163.3	191.3	93.8	60.1	19.0	26.7	829	49.7	22.07.			
2000	32.3	11.2	87.1	39.2	78.8	96.5	134.4	91.0	79.1	105.6	133.9	33.9	923	35.3	11.07.			
2001	41.1	18.2	37.3	56.0	60.3	111.3	96.9	109.0	92.5	17.7	5.4	27.5	673	35.2	19.07.			
2002	7.9	27.0	50.3	58.5	47.7	99.5	98.5	184.7	69.8	67.6	65.2	38.0	815	42.2	11.08.			
2003	22.0	1.4	4.9	18.8	83.2	66.2	93.2	101.4	28.2	92.0	68.0	28.8	608	31.1	20.05.			
1947															08.08.			
-2003	24.9	22.6	31.6	43.5	71.9	105.0	118.3	113.0	73.5	55.8	48.9	34.4	746	65.3	1970			
1901															30.07.			
-1930														60.0	1903			

Abbildung 4.5: Messdaten der Niederschlagsmessstation Unzmarkt

Kapitel 5

Berechnungsgrundlagen

5.1 Berechnete Niederschlagsdaten

In diesem Kapitel geht es um die weitere Aufbereitung der Rohdaten. An erster Stelle ist es notwendig die Daten aus dem Internet und die Daten der *Hydrographie des Landes Steiermark* auf eine gemeinsame Basis zu bringen. Als gemeinsame Nenner kommen

- der monatliche maximale Tagesniederschlag
- der jährliche maximale Tagesniederschlag
- die Monatssummen
- die Jahressummen
- der durchschnittliche Jahresniederschlag

in Frage.

Um den monatlichen maximalen Tagesniederschlag zu berechnen, werden die in Microsoft Excel vorbereiteten Daten verwendet¹. Zur Berechnung des monatlichen Tagesniederschlags wird die Funktion $MAX()$ über den entsprechenden Zeitraum gewählt.

¹Die angeführten Funktionen sind Befehle, die im Programm Microsoft Excel standardmäßig vorhanden sind.

Es wird damit der maximale vorhandene Wert innerhalb einer Datenreihe (in diesem Fall ein Monat) herausgefiltert. Dieselbe Funktion wird auch für die Berechnung der jährlichen maximalen Tagesniederschläge angewendet. Für die Berechnung der Monatssummen wird die Funktion *SUMME()* über den Zeitraum des ausgewählten Monats ausgeführt. Dadurch wird die Summe der ausgewählten Daten berechnet. So wie bereits bei der Berechnung der Maximalwerte wird derselbe Befehl auch für die Berechnung der Jahressummen angewendet. Der durchschnittliche Jahresniederschlag lässt sich ebenfalls relativ einfach berechnen. Die Berechnung erfolgt mittels der nachstehenden Formel.

$$\text{Durchschnittlicher Jahresniederschlag} = \frac{\Sigma \text{ Jahressummen}}{\text{Anzahl der beobachteten Jahre}}$$

5.2 Jährlichkeiten

Die Berechnung der Jährlichkeiten erfolgt mit Hilfe des Programmes *IWK Version 5.0*, das von der Universität Karlsruhe entwickelt wurde. Das Programm behandelt unter anderem die folgenden Problemstellungen und Aufgaben.

- *Extremwertstatistik für Niederschläge, Abflüsse oder weitere geophysikalische Daten (Ermittlung der Extremwerte bestimmter Jährlichkeiten).*
- *Auswertung von gemessenen Hochwasserereignissen zur Bestimmung von Einheitsganglinien und Abflussbeiwerten.*
- *Ermittlung von Bemessungsabflussganglinien aus Einzugsgebieten zur Festlegung der Bemessungswerte für Hochwasserrückhalteräume oder Gewässerausbaumaßnahmen.*
- *Flächendetaillierte Niederschlag–Abfluss–Modellierung eines Flusseinzugsgebietes zur Ermittlung der Hochwasserentstehung in einem komplexen Einzugsgebiet oder für den Nachweis der Wirksamkeit von Hochwasserschutzmaßnahmen. Hierzu gehört auch die Abschätzung der Auswirkung von Regenentlastungen aus städtischen Kanalisationen auf die Hochwassersituation im Gewässer. [6]*

Verteilungsfunktion	MM	MLH
Normalverteilung	NORMAL	
Log-Normalverteilung	LOG-NORMAL-2 LOG-NORMAL-3	LOG-N-3 MLH
Gumbelverteilung	GUMBEL	GUMBEL MLH
Log-Gumbel	LOG-GUMBEL	LOG-GUMBEL MLH
Gammaverteilung	GAMMA	GAMMA MLH
Log-Gammaverteilung	LOG-GAMMA	LOG-GAMMA MLH
Pearson-III-Verteilung	PEARSON-3	PEARS-3 MLH
Log-Pearson-III-Verteilung	LOG-PEARS-3	LOG-P-3 MLH
Weibull-II-Verteilung	WEIBULL-2	WEIB-2 MLH
Log-Weibull-II-Verteilung	LOG-WEIB-2	LOG-W-2 MLH
Weibull-III-Verteilung	WEIBULL-3	WEIB-3 MLH
Log-Weibull-III-Verteilung	LOG-WEIB-3	LOG-W-3 MLH
Exponentialverteilung	EXPONENT-1 EXPONENT-2	
Wakeby-Verteilung	WAKEBY	

 Tabelle 5.1: Verteilungsfunktionen die von *IWK-EXTREM* verwendet werden

In Tabelle 5.2 auf Seite 21 sind die einzelnen Verteilungsfunktionen ein zweites Mal aufgelistet, in dieser Tabelle ist jedoch zusätzlich die Formelschreibweise ² angegeben. Die eingegebenen Daten werden mit jeder dieser Verteilungen berechnet und anschließend in einem Diagramm eingezeichnet. Ein Beispiel für ein solches Diagramm, in dem die einzelnen Verteilungen eingezeichnet sind, ist Abbildung 5.2 auf Seite 20.

Bei der Dateneingabe werden die gewünschten Jährlichkeiten angegeben die berechnet werden sollen. *Bei der Berechnung der Hochwasser-Wahrscheinlichkeit wird der Zusammenhang zwischen dem Hochwasserabfluss Q und dessen Überschreitungswahrscheinlichkeit hergestellt $P(Q > Q_T)$, beziehungsweise dessen mittleres Wiederkehrintervall T*

²Die Formeln stammen aus dem Handbuch „Hochwasseranalyse und -berechnung“ [6]

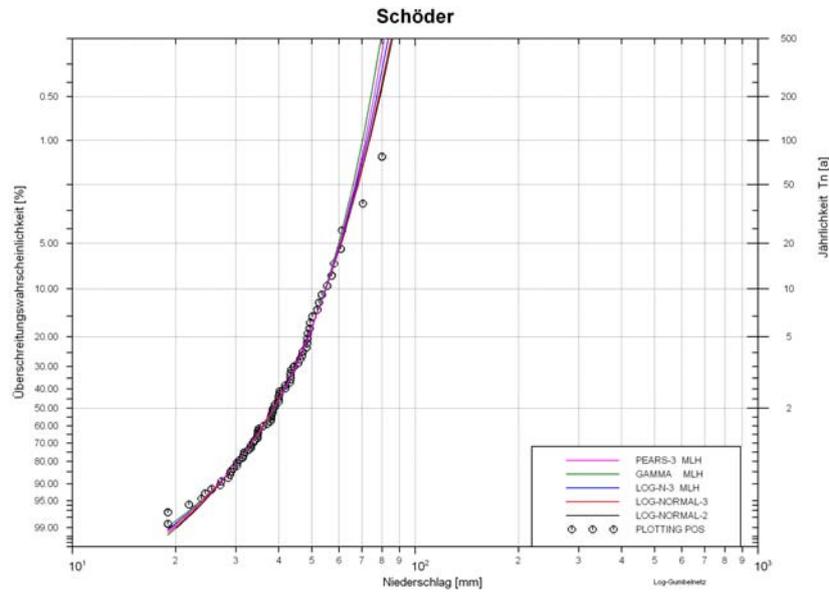


Abbildung 5.2: Verteilungsdiagramm der Jährlichkeiten

ermittelt [7].

$$P(Q \leq QT) = 1 - \frac{1}{T} = F(Q) \quad (5.1)$$

$$P(Q > QT) = 1 - P(Q \leq QT) \quad (5.2)$$

Die Jährlichkeiten der maximalen jährlichen Tagesniederschläge dienen in weiterer Folge als Grundlage für die Kriging-Interpolation.

5.3 Kriging

Die Methode des Krigings ist auf *KRIGE* zurückzuführen, der ein räumliches Interpolationsverfahren für geostatistische Zwecke entwickelt hat. In diesem Kapitel wird die Methode des Ordinary Krigings behandelt. Weitere verbreitete Verfahren stellen *Co-Kriging*, *Fuzzy Kriging*, *External Draft Kriging* und *Indicator Kriging* [7] dar. Als Grundlage für die Berechnung der Schätzwerte an einer bestimmten Stelle x_0 kommt der folgende An-

Name der Funktion	Verteilungsfunktion
Normalverteilung	$F_x(X) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x} \right)^2} dx$
Log-Normal-2-Verteilung	$F_x(X) = \frac{1}{\sigma_y x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x)-\mu_y}{\sigma_y} \right)^2} dx$
Log-Normal-3-Verteilung	$F_x(X) = \frac{1}{\sigma_y x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x-x_0)-\mu_y}{\sigma_y} \right)^2} dx$
Gumbelverteilung	$F_x(X) = e^{-e^{-m(x-x_0)}}$
Log-Gumbel-Verteilung	$F_x(X) = e^{-e^{-m(\ln(x)-\ln(x_0))}}$
Gammaverteilung	$F_x(X) = \int_{x_0}^x f_x(x) dx$
Log-Gammaverteilung	$F_x(X) = \int_{x_0}^x f_x(x) dx$
Pearson-III-Verteilung	$F_x(X) = \int_{x_0}^x f_x(x) dx$
Log-Pearson-III-Verteilung	$F_x(X) = \int_{x_0}^x f_x(x) dx$
Weibull-II-Verteilung	$F_x(X) = 1 - e^{-\lambda x^s}$
Log-Weibull-II-Verteilung	$F_x(X) = 1 - e^{-\lambda(\ln(x))^s}$
Weibull-III-Verteilung	$F_x(X) = 1 - e^{-\lambda(x-x_0)^s}$
Log-Weibull-III-Verteilung	$F_x(X) = 1 - e^{-\lambda(\ln(x)-\ln(x_0))^s}$
Exponentialverteilung	$F_x(X) = 1 - e^{-\lambda x}$
Exponentialverteilung II	$F_x(X) = 1 - e^{-\lambda(x-x_0)}$

Tabelle 5.2: Formelschreibweise der Verteilungsfunktionen

satz zur Anwendung.³

$$\hat{Z}(x_o) = \sum_{i=1}^n w_i Z_i \quad (5.3)$$

Als Nebenbedingung gilt

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (5.4)$$

³Die Formeln sind auf *KONECNY* [8] zurückzuführen.

Der Krige-Schätzer ist per def. jener Schätzer der Form (4.3), welcher die Fehlervarianz (den mittleren quadratischen Fehler)

$$\sigma_E^2(x_0) = E[(\hat{Z}_{(x_0)} - Z_{(x_0)})^2] \quad (5.5)$$

zu einem Minimum macht [8].

Der übliche Ablauf einer Datenauswertung mit der Kriging-Methode läuft nach dem folgenden Schema ab.

- *Konstruktion eines oder mehrerer experimenteller Variogramme (=Semivariogramm oder Sample-Variogramm) aus den Meßwerten [9]*
- *Analyse dieser Semivariogramme und Anpassung eines theoretischen Variogramms (=Model-Variogramm oder einfach Variogramm) [9]*
- *Untersuchen der Daten auf Anisotropien und Trends, um diese im Modell zu berücksichtigen [9]*
- *Visualisierung der Interpretation [9]*

Das Variogramm drückt die Variabilität der Messwerte in einem bestimmten Distanzbereich aus. Je näher die Messstellen zueinander liegen, desto ähnlicher sollten die Messwerte sein (desto geringer ist also die Varianz) [7]. Die Formel für ein solches Semivariogramm mit der Funktion $\gamma(h)$ ist folgendermaßen definiert.

$$\frac{1}{2} \text{Var}[Z(x+h) - Z(x)] = \gamma(h) \quad [7] \quad (5.6)$$

Kapitel 6

Interpretation der Niederschlagsdaten

6.1 Graphische Darstellung der berechneten Werte

Um eine visuelle Interpretation zu ermöglichen werden die Daten in eine anschauliche Form gebracht. Mit Hilfe der Kriging-Interpolation (Kapitel 5.3 auf Seite 20) und einem dafür geeigneten GIS-Programm ¹ ist es möglich eine „Niederschlagskarte“ für die entsprechende Jährlichkeit zu kreieren.

In weiterer Folge werden nun die Arbeitsschritte angeführt die notwendig sind um die verwendeten Karten zu erstellen. Um die Messstationen mit den entsprechenden allgemeinen Angaben (Lage, Messstationsnummer, Messstationsnamen, usw.) verwenden zu können, wurden sie digitalisiert und standen damit als eigene Shape im Programm zur Verfügung. Einige andere Layer, wie zum Beispiel die Bezirksgrenzen der Gebietsbauleitung, waren bereits vorhanden da sie schon für andere Projekte benötigt wurden.

Mit Hilfe von Microsoft Excel wird eine Datenbankdatei (dBASE IV – Format) erstellt in welcher die Jährlichkeiten zusammen mit den entsprechenden Messstationsnamen gespeichert werden. Die Datenbankdatei kann nun mit der entsprechenden Tabelle

¹Für die Erstellung der Grafiken in dieser Arbeit wurde *ArcView GIS 3.2* verwendet.

im ArcView GIS verknüpft werden. Aufgrund dieser Verknüpfung stehen dem Programm alle notwendigen Daten für die Interpolation zur Verfügung.

Im nächsten Schritt wird nun der entsprechende Layer ausgewählt. Im Menü „Analyse“ befindet sich der Icon „Kriging Interpolation“ der das Unterprogramm zur Berechnung startet. Als Ergebnis der Interpolation steht nun ein neues Shape-File zur Verfügung, welches anstelle von punktuellen Messwerten eine interpolierte Oberfläche anzeigt. Um die Vergleichbarkeit mit den anderen Jährlichkeiten und Berechnungen zu gewährleisten, wird eine einheitliche Farbgebung und eine einheitliche Klasseneinteilung festgelegt.

Die nach diesem Verfahren berechneten Karten für die Jährlichkeiten 30 (Abbildung 6.1 Seite 25), 100 (Abbildung 6.2 Seite 26) und 150 (Abbildung 6.3 Seite 27) sind auf den folgenden Seiten dargestellt.

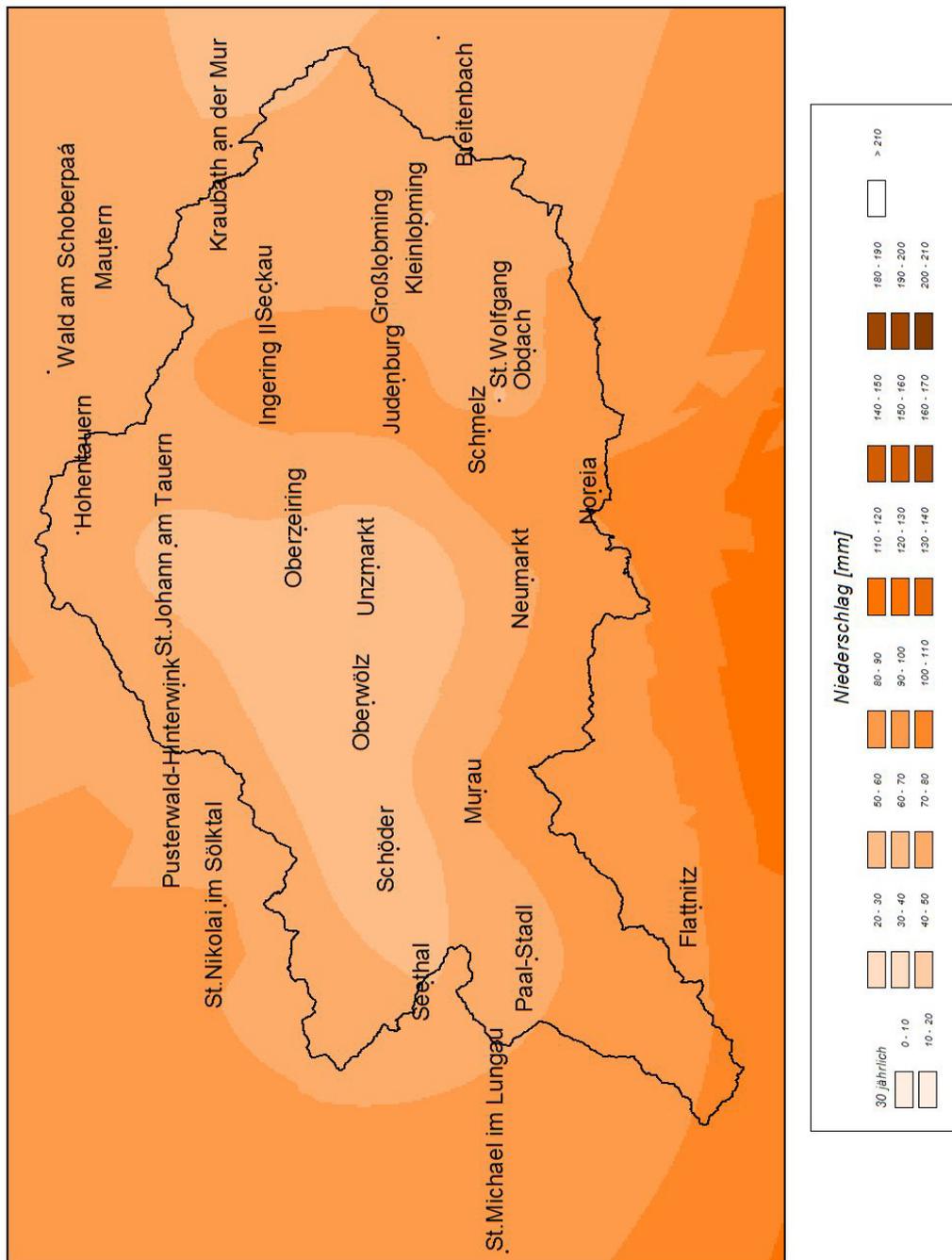


Abbildung 6.1: Grafische Darstellung der Jährlichkeit (30)

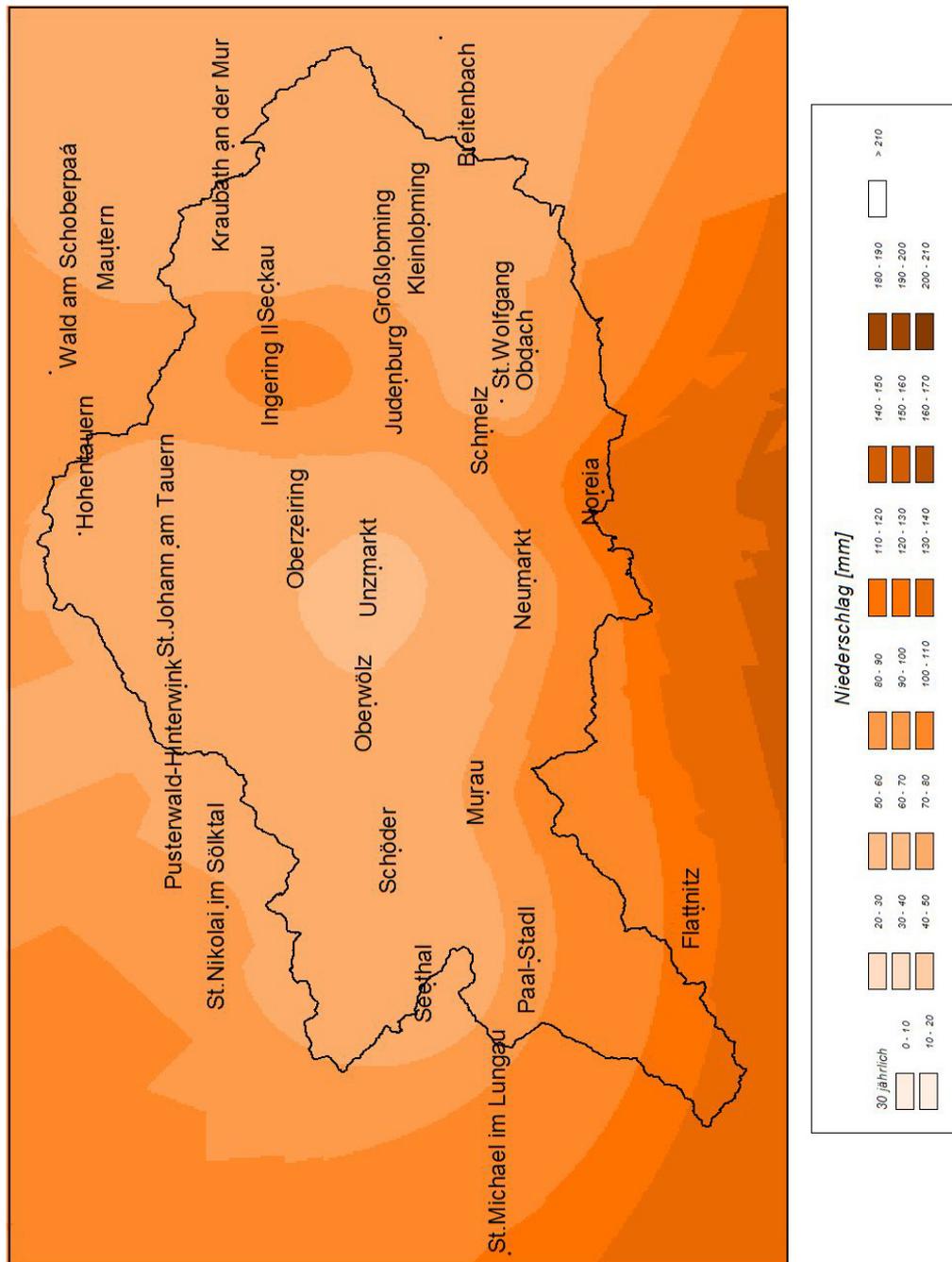


Abbildung 6.2: Grafische Darstellung der Jährlichkeit (100)

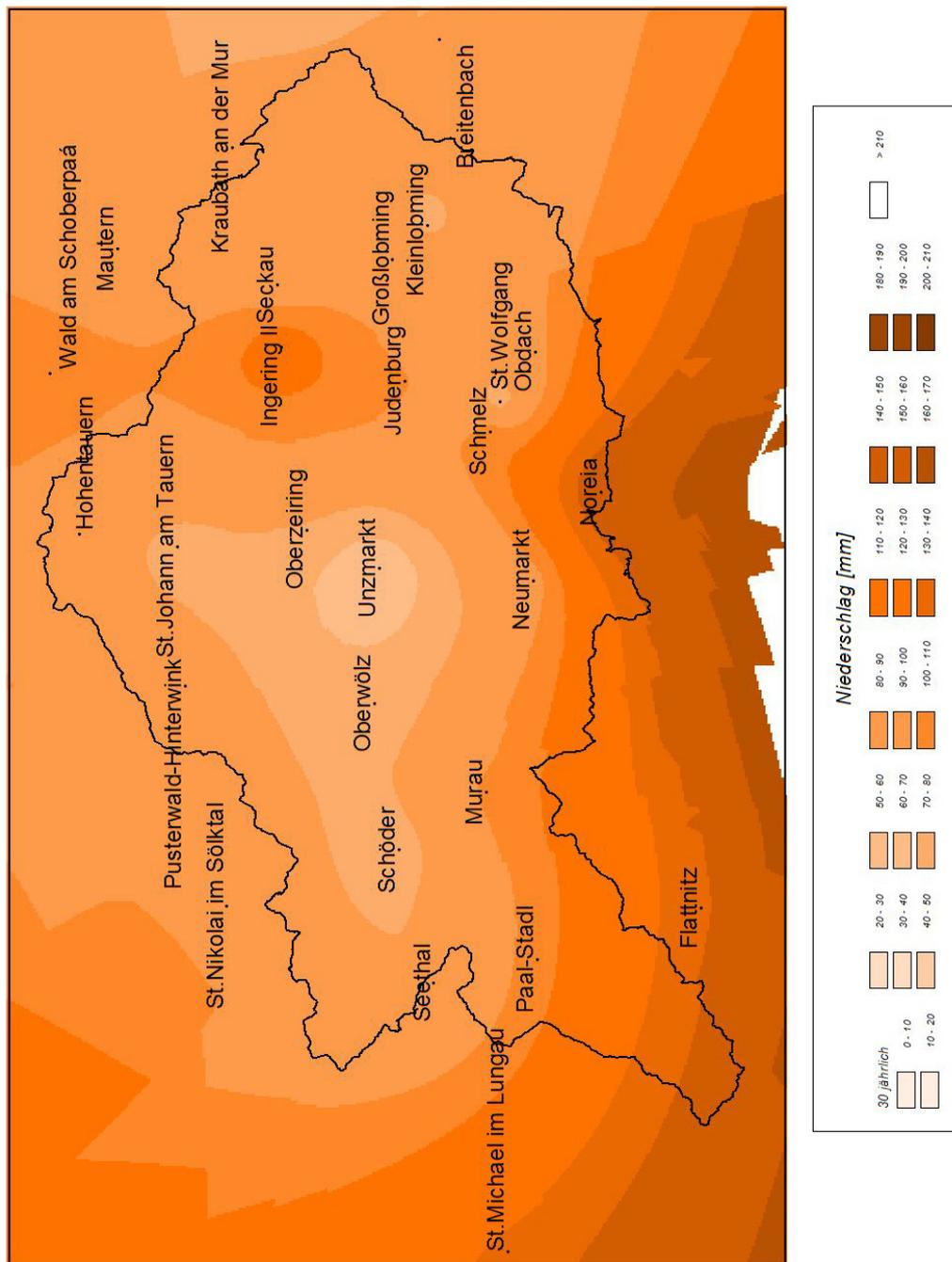


Abbildung 6.3: Grafische Darstellung der Jährlichkeit (150)

6.2 Interpretation der berechneten Jährlichkeiten

Die berechneten Karten werden nun hinsichtlich ihres hydrologischen Verhaltens begutachtet um Gebiete mit ähnlichem Niederschlagverhalten zusammenfassen zu können.

Die erste Gemeinsamkeit, die sich sehr schnell auf den Karten erkennen lässt, ist die geringe Niederschlagsmenge welche sich im Bereich von Unzmarkt herauskristallisiert. Diese Ortschaft fällt geographisch gesehen in das Gebiet der „*Tallagen entlang der Mur*“ welches, wie bereits in Kapitel 3.4 auf Seite 7 beschrieben steht, zu den niederschlagärmsten Gebieten in der gesamten Steiermark zählt. Grund für diese Niederschlagsarmut könnte die geschützte Lage sein. Aufgrund der Bergketten welche das Gebiet weitläufig gegen Norden, Süden und Westen abschirmen, kommt es bereits in den Staulagen in diesen Gebieten zu einem Abregnen der Wolken. Auch die Seehöhe hat einen wesentlichen Einfluss auf die Niederschlagsmenge.

Auf allen Karten ist ein Anstieg der Niederschlagsmengen in Richtung Süden zu erkennen. In dieser Gegend befinden sich die Ausläufer der Gurktaler Alpen. Der direkte Einfluss der Seehöhe auf die Niederschlagsintensität zeigt sich in diesen Lagen besonders deutlich. Des Weiteren ist diese Zunahme des Niederschlags mit der Seehöhe im Bereich der Seetaler Alpen (*Schmelz, Noreia*) sehr gut erkennbar.

Teil II

Planung und Projektierung eines Retentionsbeckens

Kapitel 7

Allgemeine Vorgehensweise

Die Planung eines Retentionsbeckens ist mit einer Reihe von unbekanntem Variablen behaftet. Viele Eingangsparameter, wie zum Beispiel die Abflussganglinie, sind das Ergebnis einer statistischen Berechnung. Eine weitere Unsicherheit stellt der Untergrund dar. Um die Standsicherheit zu gewährleisten ist eine geologische Untersuchung unumgänglich.

Im ersten Schritt werden alle relevanten hydrologischen Daten erfasst. Diese werden in weiterer Folge mittels geeigneter statistischer Berechnungsverfahren ausgewertet. Ergebnisse dieser Berechnung sind unter anderem die im ersten Teil dieser Arbeit beschriebenen Niederschlagsmengen einer bestimmten Jährlichkeit sowie die Abflussganglinien eines Gewässers.

Für das weitere Vorgehen ist es wichtig zu wissen, welche Wassermenge von dem bachabwärtsgelegenen Gerinne sicher abgeführt werden kann, da dieser Wert direkten Einfluss auf die Größe des benötigten Retentionsvolumens hat. Je kleiner dieser Wert im Verhältnis zum Zufluss ist, desto mehr Wasser muss retentiert werden.

Um den idealen Standpunkt zu finden ist eine genaue Vermessung des Terrains notwendig. Für die Berechnung der Kubatur werden in regelmäßigen Abständen, im Falle der vorliegenden Diplomarbeit 10 Meter, Querprofile aufgenommen. Dadurch ist es möglich relativ genaue Aussagen über den natürlichen, unveränderten Retentionsraum zu gewinnen. Optimal ist ein breites rechteckiges bis U-förmiges Tal mit einem geringen Gefälle.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Entscheidung, ob ein gesteuertes oder ein ungesteuertes Rückhaltebecken gebaut werden soll. Der Vorteil eines gesteuerten Beckens liegt darin, dass über die gesamte Einstauhöhe die im Vorfeld festgelegte maximale Abflussmenge abgeführt werden kann. Der Nachteil liegt in den durch die Steuerung und den zusätzlich notwendigen Schutz der Steuereinheit bedingten höheren Baukosten. Ungesteuerte Bauwerke im Gegenzug dazu sind meist etwas günstiger im Bau, müssen jedoch so ausgelegt werden, dass sie erst bei ihrer maximalen Einstauhöhe die festgelegte Abflussmenge abgeben.

Nach der Fertigstellung des Bauwerkes muss geregelt werden, wie und auf welche Art das Bauwerk künftig gewartet und betreut wird. Der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung hat zu diesem Thema einen Schriftsatz¹ verfasst, welcher die genauen Aufgaben, Rechte und Pflichten der Betreuungspersonen festlegt, sowie auch diverse Formulare für die Dokumentation der Ereignisse beinhaltet.

¹„Handbuch zur Erstellung eines Beckenbuches für gesteuerte Hochwasserrückhaltebecken der Wildbach- und Lawinenverbauung“, BMLFUW Abt. IV/5

Kapitel 8

Beschreibung des Projektvorhabens „Winterbach“

Seit der Erstellung des Gefahrenzonenplanes im Jahr 1986 wird darüber nachgedacht, wie die Situation für die Anrainer der Ortschaft Fohnsdorf verbessert werden kann. Primäres Ziel ist es den Fohnsdorferbach (Fohnsdorfer Ortsgraben) zu sichern. Dazu zählen diverse bautechnische Maßnahmen wie die Errichtung von Sohlgurten, Sohlswellen, sowie der Bau von Geschiebesortiersperren.

Des Weiteren wird es auch notwendig sein, den Winterbach – Zubringer des Fohnsdorferbaches – zu regulieren. *Für diesen Bach sind als Baumaßnahmen Geschiebesortiersperren, Aufweitung- Regulierung des bestehenden Bachprofiles und für den überdeckten Bereich eine Öffnung des Bachlaufes bzw. eine Erneuerung des Querschnittes bis Einmündung Fohnsdorferbach anzustreben* [16]. (Der gesamte Aktenvermerk wie auch die Fortführung des Aktenvermerks sind als Kopie im Anhang zu finden.)

Nach Absprache mit Herrn HR Dipl.-Ing. Max Pöllinger, Gebietsbauleiter der Wildbach- und Lawinenverbauung Oberes Murtal, ist auch der Bau eines gesteuerten Retentionsbeckens als Maßnahme möglich. Um eine schnelle Verlandung des Retentionsraumes zu verhindern, sowie auch zum Schutz der Sperre, ist es in diesem Fall notwendig, bachaufwärts eine Geschieberückhaltesperre zu errichten.

Kapitel 9

Lage und Geologie des Planungsgebietes

Der Winterbach, ein Zubringer des Fohnsdorferbaches, liegt im politischen Bezirk Judenburg in der Gemeinde Fohnsdorf, welche nördlich der Mur liegt. Die Ortschaft Fohnsdorf liegt auf einer Seehöhe von 736 m über Adria. Der Bereich ist klimatisch gesehen den Tallagen entlang der Mur (Kapitel 3.4 auf Seite 7) zuzurechnen.

Das Gebirge zählt aus geologischer Sicht noch zu den Ausläufern des Wölzer Kristallins. Feldspat- und Granitglimmerschiefer stellen den Großteil der vorhandenen geologischen Vielfalt dar. Des Weiteren gibt es im Einzugsgebiet des Fohnsdorferbaches vereinzelte Vorkommen von Amphiboliten (Epidotamphibolit, Granatamphibolit, Karbonamphibolit) sowie von Marmor (Bretsteinmarmor).

Im unteren Bereich des Baches, nahe der Ortschaft Fohnsdorf, finden sich langgestreckte Schichten Liegendsandstein, Basisbrekzie, Brandschiefer mit Kohleflöz, sowie Grauer Mergel, welcher zum Teil sandig ist. Am Ende des Einzugsgebietes befindet sich ein spät-postglazialer Schwemmfächer. Abbildung 9.2 auf Seite 35 soll einen Überblick über die geologischen Verhältnisse vermitteln.

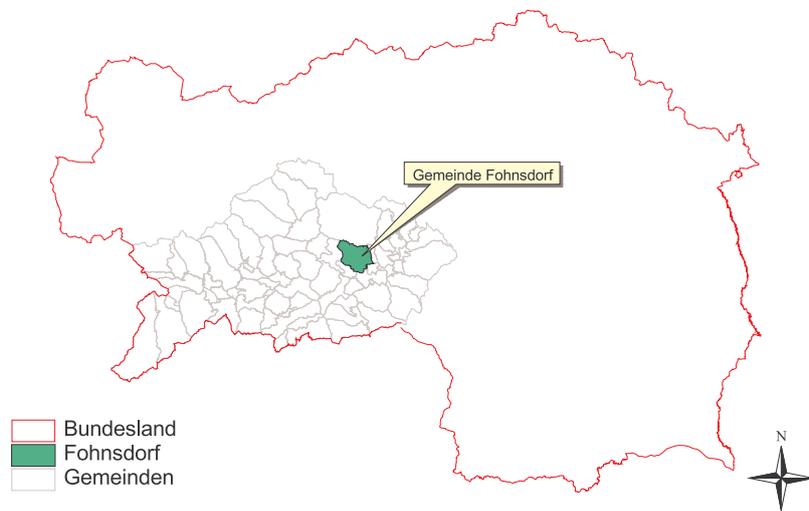


Abbildung 9.1: Gemeinde Fohnsdorf, Lageplan

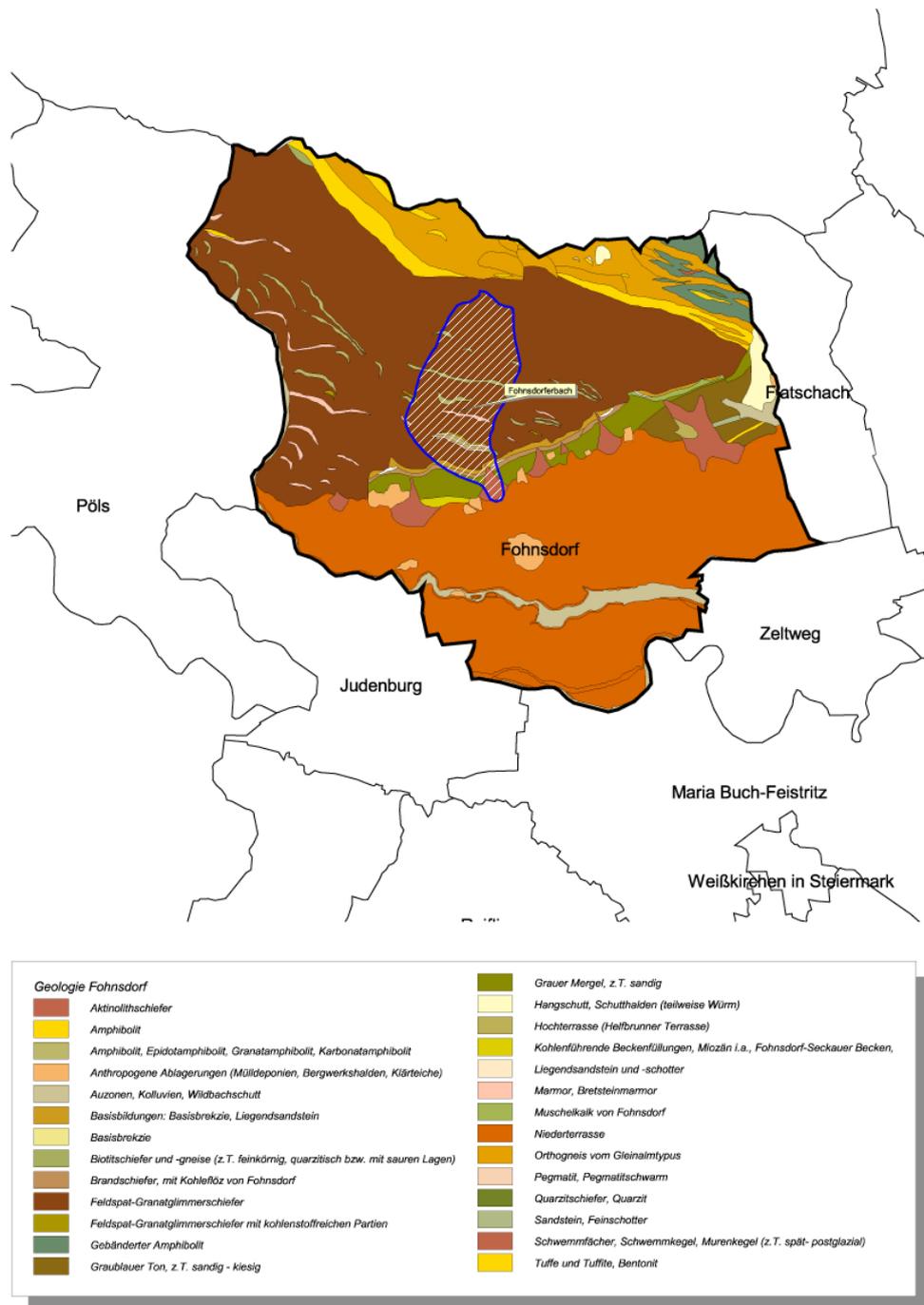


Abbildung 9.2: Geologische Karte der Gemeinde Fohnsdorf

Kapitel 10

Gewässerspezifische Angaben

Um eine Übersicht über das Gewässernetz im Bereich des Fohnsdorfer Ortsgrabens zu bekommen stellt Abbildung 10.1 auf Seite 37 den Verlauf des Fohnsdorferbaches sowie des Winterbaches dar.

10.1 Fohnsdorferbach

Der Fohnsdorferbach besitzt ein Einzugsgebiet von ca. $2,3 \text{ km}^2$. Die Wassermenge bei einem hunderfünfzigjährliches Hochwasser liegt bei $21 \text{ m}^3/\text{sec}$ (nach Wundt [17]). Das Geschiebepotential hat in diesem Fall eine Menge von 5200 m^3 .

Bereits in den Jahren zwischen 1950 bis 1957 wurde der Fohnsdorferbach im oberen Bereich verbaut. Damals wurde eine Ufersicherung durchgeführt. Des Weiteren wurden mehrere Steinsperren errichtet um eine Sohlstabilisierung zu erreichen. Im unteren Bereich, im Ortsgebiet, ist der Bach verrohrt worden. Der genaue Leitungsverlauf, sowie die wechselnden Rohrdurchmesser sind nicht bekannt. Weiter bachabwärts tritt der Bach wieder an die Oberfläche und wird in einem offenen Erdgerinne zu einem Schlackenhaufen geführt. An dieser Stelle versickert der Bach.

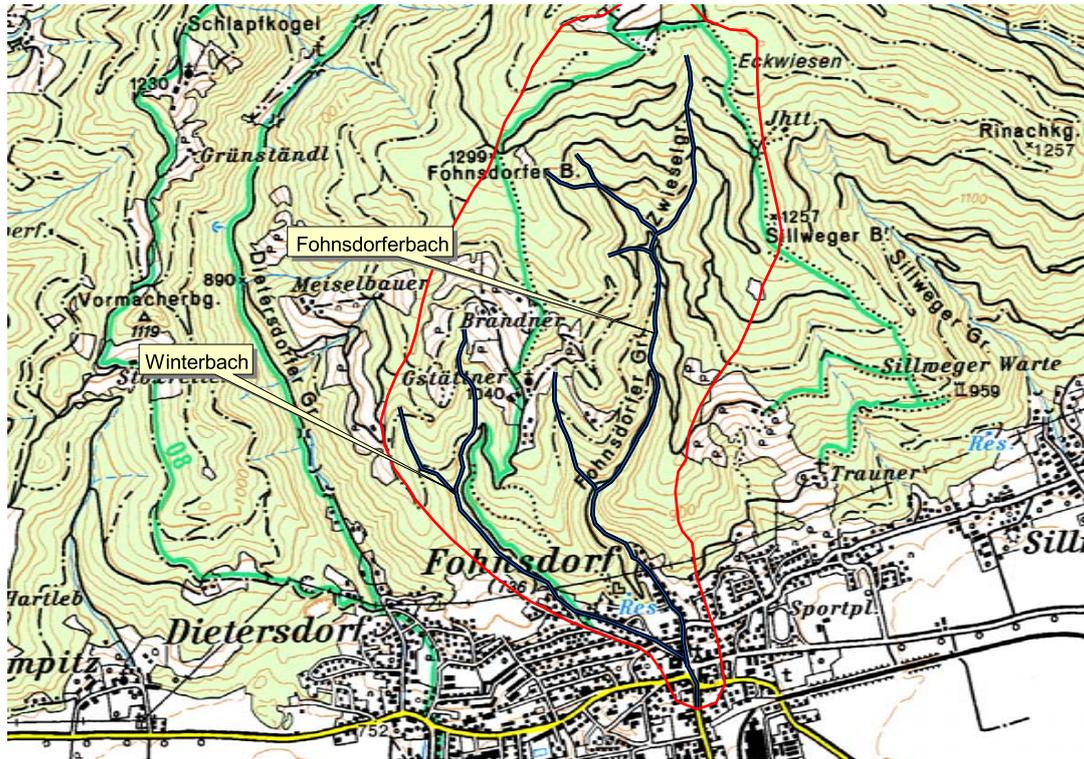


Abbildung 10.1: Fohnsdorferbach und Winterbach, Lageplan

10.2 Winterbach

Der Winterbach ist der westliche Zubringer des Fohnsdorferbaches. Er mündet im Bereich der Kirche im Zentrum Fohnsdorfs in den Fohnsdorferbach. Der Bach selbst hat ein Einzugsgebiet von ca. $1,1 \text{ km}^2$ bei einer Wassermenge im Hochwasserfall (HQ_{150}) von $14 \text{ m}^3/\text{sec}$ (nach Wundt [17]). In diesem Fall könnte der Wildbach eine Geschiebefracht von bis zu 2500 m^3 mit sich führen.

Von seiner Mündung aufwärts fließt er zunächst ca. 650 m verrohrt. Der Beginn der Verrohrung befindet sich knapp nach dem Schluchtausgang. Er entspringt unterhalb des Fohnsdorfer Berges (1299 m) in ca. 1050 m Seehöhe unterhalb einer ca. 2 ha großen Vernässung.

Noch scharfe Bruchränder lassen in diesem Grabenteil die noch nicht abgeschlosse-

nen Eintiefung feststellen. Hier befindet sich auch ein landwirtschaftlich genutzter Bereich welcher ca. 1/4 des Einzugsgebietes bedeckt. Hier erfolgt in Folge erhöhten Abflusses verstärkte Erosionstätigkeit.

Im weiteren Grabenverlauf tritt dann der Fels in der Sohle zu Tage, welche jedoch streckenweise stark verfüllt ist. Unterhalb 930 m bis zum Schluchtausgang folgt eine ca. 1000 m lange Verfüllungsstrecke.

Eine Deponiesperre aus dem Jahre 1953 (ca. 100 m oberhalb der letzten Häuser) ist nicht völlig verlandet [17].

Kapitel 11

Abflussberechnung

11.1 Die Berechnungsmodelle

In diesem Kapitel sollen die für die weitere Berechnung des Abflusses verwendeten Rechenmodelle vorgestellt und auf die einzelnen Besonderheiten eingegangen werden. Es werden zwei Modelle beschrieben bei denen es hauptsächlich um die Größe des Einzugsgebietes geht, und zwei bei denen auch noch weitere Parameter hinzugezogen werden. Das beschriebene Modell ist im Programm *IHW* enthalten, welches bereits für die Berechnung der Jährlichkeiten (Kapitel 5.2 auf Seite 17) verwendet wurde. Die beschriebenen Modelle werden vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung verwendet.

11.1.1 Berechnung nach Wundt

Das Schätzverfahren nach Wundt ist ein relativ einfaches jedoch in vielen Fällen durchaus effektives Näherungsverfahren. Der einzige Parameter ist die Größe des Einzugsgebietes. Die allgemeine Formel lautet:

$$HQ = 13,8 A_E^{0,6} \quad (11.1)$$

Als Ergebnis erhält man eine Kurve die Anfangs relativ steil ansteigt, mit zunehmender Größe des Einzugsgebietes jedoch immer mehr abflacht. *Die Hüllkurve, die ab einer Einzugsgebietsgröße von 100 km^2 allmählich in die Horizontale übergeht, repräsentiert eine gesammelte Auswahl von etwa 600 weltweit beobachteten Abflussspitzen* [13]. Bei der Berechnung des HQ_{100} sollten die folgenden Gegebenheiten berücksichtigt werden¹.

- Im Gelände ist keinerlei Retention anzunehmen.
- Im Hügelland mit flachen, breiten Talböden wird nur etwa $1/5$ des Wundt-Wertes erreicht.
- Die Hüllkurven sind letztlich nur Rahmenwerte mit bedeutenden Schwankungen

11.1.2 Berechnung nach Bergthaler

Das Berechnungsverfahren nach Bergthaler berücksichtigt noch weitere Faktoren, die Einfluss auf das Abflussverhalten haben. Außerdem ist es möglich die Formel an die regionalen Bedingungen mithilfe diverser Parameter anzupassen. Die Formel ist jedoch so einfach wie möglich gehalten und soll eine rasche Berechnung ermöglichen. Die allgemeine Formel nach Bergthaler lautet:

$$HQ = 0,1736 \cdot A_E \quad (11.2)$$

Einfließende Faktoren

Im folgenden Abschnitt werden nun die einzelnen Faktoren, welche Einfluss auf die Abflussmenge haben, erläutert. Zu den beeinflussenden Faktoren zählen:

- die Form des Einzugsgebietes
- die Anlaufzeit
- die Fließgeschwindigkeit

¹Die folgenden Punkte beziehen sich auf E. Ganahl [13].

- die Niederschlagsintensität
- und die Hochwasserganglinie.

Dabei besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Form und Größe des Einzugsgebietes und der Anlaufzeit. *Die Anlaufzeit eines Hochwassers ist die Abflussdauer eines an der Erdoberfläche in der Wasserwelle abfließenden Regentropfens vom entferntesten Punkt des Perimeters bis zur Messstelle* [14]. Die Form des Einzugsgebietes wird zur Erleichterung der Berechnung als Rechteck angenommen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Rechteck eine Länge L und eine Breite im Verhältnis L/K besitzt. Daraus ergeben sich folgende Formeln:

$$A_E = L \frac{L}{K} \quad (11.3)$$

$$K = \frac{L^2}{A_E} \quad (11.4)$$

Für die Laufzeit ergibt sich der folgende Term:

$$T = \frac{1000 L}{60 v} = \frac{50 A_E^{0,5} K^{0,5}}{3 v} \quad (11.5)$$

In der Tabelle 11.1 auf Seite 42 ist die Abhängigkeit der Laufzeit von K für ein Einzugsgebiet von $A_E = 1 \text{ km}^2$ dargestellt.

Ein weiterer Parameter, welcher sich ebenfalls auf die Laufzeit auswirkt, ist die Fließgeschwindigkeit. Zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit, stehen mehrere Verfahren zur Verfügung. Bewährt hat sich im Zusammenhang mit Wildbächen die Formel nach Strickler. Der Vorteil der Geschwindigkeitsformel nach Strickler liegt vor allem darin, dass die verwendeten Rauigkeitsbeiwerte (k -Werte) für viele Materialien bereits bekannt sind und nicht extra ermittelt werden müssen.

Stricklergleichung

$$v = k R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (11.6)$$

Der hydraulische Radius, welcher ebenfalls Einfluss auf die Fließgeschwindigkeit hat, kann für Wildbäche mit einem Wert zwischen 0,2 und 1,0 angenommen werden.

Als Hochwasserganglinie wird die Regelganglinie verwendet. *Sie entsteht, wenn der Regen solange dauert wie die Anlaufzeit des Hochwassers* [14]. Die Ganglinienfläche entspricht der Wasserfracht. Um die Berechnung weiters zu vereinfachen, wird eine vereinfachte Ganglinie entsprechend der Abbildung 11.1 auf Seite 43 verwendet.

Adaptierte Formel

Wie bereits am Anfang des Kapitels erwähnt kann diese Formel in jeder Art erweitert werden. So kann für die Niederschlagsintensität der folgende Term eingesetzt werden und die Laufzeit T ebenfalls Eingang in die Formel finden.

$$i = 24,38 i_{60} T^{-0,78} \quad (11.7)$$

$$T = A_E^{0,5} K^{0,5} \frac{50}{3 v} \quad (11.8)$$

K	1	2	3	4	5	6	7
1,5	11,11	15,72	19,25	22,23	24,90	27,20	29,40
v 2,0	8,3	11,79	14,44	16,67	18,64	20,40	22,10
2,5	6,67	9,43	11,55	13,34	14,91	16,33	17,64

Tabelle 11.1: Abhängigkeit der Laufzeit von der Einzugsgebietsform

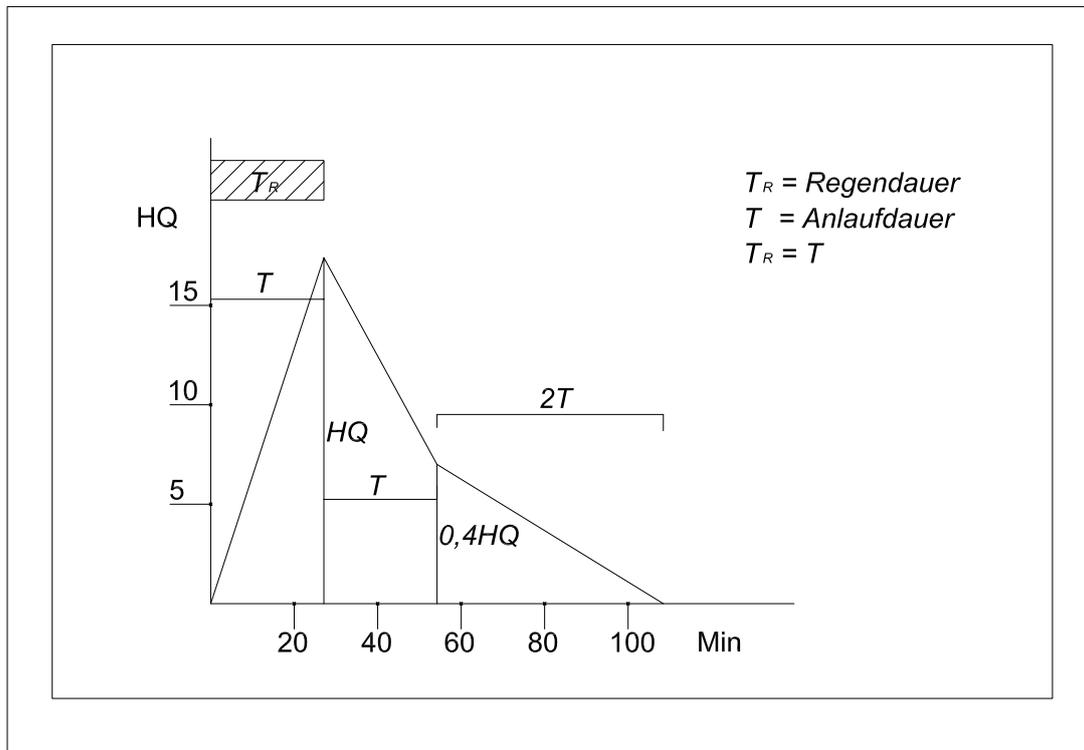


Abbildung 11.1: Regelganglinie

Durch Einsetzen in die Formel (11.2) auf Seite 40 erhält man die erweiterte Hochwasserformel:

$$HQ = 0,5 i_{60} \left(\frac{v}{L} \right)^{0,78} \alpha A_E \quad (11.9)$$

Der Vorteil dieser Formel besteht darin, dass sich auch Hochwasserereignisse mit anderen Jährlichkeiten berechnen lassen können. Daraus ergab sich bei einer von Bergthaler durchgeführten Berechnung folgender Sachverhalt: *Der 50-jährliche Regen ist nur um 10 Prozent kleiner als der 100-jährliche. Beim Hochwasserabfluss ist aber der Unterschied mehr als doppelt so groß, da auch v und α kleiner werden* [14].

11.1.3 Berechnung nach dem SCS–Modell

Bei dem SCS–Verfahren handelt es sich um das weltweit am häufigsten verwendete Niederschlags–Abflussmodell. *Das SCS–Verfahren wurde in den fünfziger Jahren in den USA auf Grundlage gemessener Niederschlags–Abfluss–Ereignisse aus kleinen Einzugsgebieten entwickelt* [13]. Die Formel leitet sich aus der Kombination der Summenlinien des Abflusses und des Niederschlages ab.

Die grundlegende Hypothese bezieht sich auf das Gleichgewicht zwischen aktueller und potentieller Speicherung im Verhältnis des aktuellen Abflusses zum potentiellen Abfluss.

$$\frac{N_v}{S} = \frac{N_{eff}}{N - A_v} \quad (11.10)$$

$$N = N_{eff} + A_v + N_v \quad (11.11)$$

Für die Berechnung von Einzugsgebieten mit einer Größe von bis zu 4 ha hat es sich in der Praxis bewährt mit einem Anfangsverlust von 20 Prozent der maximal möglichen Versickerung zu rechnen.

$$A_v = 0,2 S \quad (11.12)$$

Das Hauptproblem bei der Berechnung mit Abflussmodellen besteht darin, die richtigen Werte für die Parameter einzusetzen. Ein wesentlicher Teil der Berechnung stützt sich auf die Kenntnis der Versickerungsverhältnisse. Um brauchbare Ergebnisse zu bekommen, ohne eine geotechnische Untersuchung des Bodens durchführen zu müssen, stützt sich das SCS–Verfahren auf die Beobachtung der Vegetations– und Nutzungsverhältnisse. Der Boden selbst wird insofern berücksichtigt, da es mehrere Bodenfeuchteklassen und Bodenklassen gibt. *Der Einfluss von Vorregen und Jahreszeit wird in den drei Bodenfeuchteklassen berücksichtigt. Als Vorregen wird die ungewichtete Niederschlagssumme der fünf dem Ereignis vorangegangenen Tage berücksichtigt* [13]. Für die Bemessung von Hochwasserereignissen ist es sinnvoll mit der Bodenfeuchteklasse II zu rechnen.

Bodenfeuchteklasse	N iederschlagshöhe des Vorregens [mm]	
	Vegetationsperiode	übrige Zeit
I	< 30	< 15
II	30 – 50	15 – 30
III	> 50	> 30

Tabelle 11.2: Die Bodenfeuchteklassen

Die Tabelle 11.3 auf Seite 45 beschreibt die einzelnen hydrologischen Bodenklassen näher und soll damit die Zuordnung erleichtern. Es werden dabei vier Bodentypen in Bezug auf ihr Versickerungsvermögen unterschieden.

Hydrologischer Bodentyp	Beschreibung
A	Böden mit großem Versickerungsvermögen, auch nach starker Vorbefeuchtung z.B.: tiefe Sand- und Kiesböden
B	Böden mit mittlerem Versickerungsvermögen, tiefe bis mäßig tiefe Böden mit mäßig feiner bis mäßig grober Textur z.B.: mitteltiefe Sandböden, Löss
C	Böden mit geringem Versickerungsvermögen, Boden mit feiner bis mäßig feiner Textur oder mit wasserstauender Schicht z.B.: flache Sandböden, sandiger Lehm
D	Böden mit sehr geringem Versickerungsvermögen z.B.: Tonböden

Tabelle 11.3: *Klassifikation der Bodentypen hinsichtlich ihres Versickerungsvermögens für das SCS-Verfahren* [7]

In weiterer Folge werden die verschiedenen Bodentypen mit den Vegetations- und Nutzungsgegebenheiten kombiniert. Daraus ergeben sich die sogenannten CN-Werte. Diese können in die Formel (11.15) auf Seite 46 eingesetzt werden. Die Tabelle 11.4 gibt die

Bodennutzung	C N-Wert für Bodentypen			
	A	B	C	D
Ödland	77	86	91	94
Hackfrüchte	70	80	87	90
Wein (Terrassen)	64	73	79	82
Getreide, Futterpflanzen	64	76	84	88
Weide (normal)	49	69	79	84
Weide (karg)	68	79	86	89
Dauerwiese	30	58	71	78
Wald (stark aufgelockert)	45	66	77	83
Wald (mittel)	36	60	73	79
Wald (dicht)	25	55	70	77
Undurchlässig (versiegelt)	100	100	100	100

Tabelle 11.4: CN-Werte für unterschiedliche Bedingungen

Werte für die am häufigsten vorkommenden Gegebenheiten wieder. Da es in der Praxis so ist, dass ein Einzugsgebiet nicht über den gesamten Bereich ein homogenes Bild darstellt, werden die ermittelten Werte in Bezug auf die Fläche gewichtet und dann gemittelt.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (11.13)$$

$$A_v = \frac{5080}{CN} - 50,8 \quad (11.14)$$

Werden diese beiden Terme in die Formel für den effektiven Niederschlag eingesetzt, ergibt sich daraus die Berechnung für den Direktabfluss:

$$N_{eff} = \frac{\left(N - \frac{5080}{CN} + 50,8\right)^2}{N + \frac{20320}{CN} - 203,2} \quad (11.15)$$

Für die Abflussberechnung kommen die beiden folgenden Formeln zum Einsatz:

$$HQ_n = \frac{1000 A_E \left(\frac{(h_N - \frac{5080}{CN} + 50,8)^2}{h_N + \frac{2030}{CN} - 203,2} \right)}{30 (2 t_N + t_C)} \quad (11.16)$$

$$HQ_n = \frac{1000 A_E \left(\frac{\left(\frac{h_N}{25,4} - \frac{50}{CN} + 0,5 \right)^2}{\frac{h_N}{25,4} + \frac{950}{CN} - 9,5} \right)}{30 (2 t_N + t_C)} \quad (11.17)$$

Die Formel (11.16) rechnet mit einem Anfangsversickerungsverlust von 20 Prozent. Formel (11.17) ist gültig für einen 5-prozentigen Anfangsversickerungsverlust. Die zweite Formel wird vom DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau) für mitteleuropäische Gebiete empfohlen, da die Abminderung der Versickerung in unseren Breiten zu besseren Ergebnissen führt.

11.1.4 Berechnung nach dem ZEMOKOST-Modell

Zemokost ist die Abkürzung für das Laufzeitverfahren nach **Z**eller **mod**ifiziert durch **K**ohl und **S**tepanek. Das Zemokost-Modell verwendet als Grundlage ein von ZELLER im Jahre 1974 entwickeltes hydrologisches Berechnungsverfahren. Das Verfahren nach Zeller ist durch die Vorstellung geprägt, *dass ein Einzugsgebiet dann die maximale Abflussspitze einer definierten Jährlichkeit liefert, wenn die Niederschlagsdauer der totalen Laufzeit entspricht und die in dieser Zeit maximal mögliche Intensität auf das Einzugsgebiet auftrifft* [15].

Das Zemokost-Modell weicht an dieser Stelle von dem Verfahren nach Zeller ab, da die oben angeführte Annahme sich in einigen Fällen als nicht optimal erwiesen hat. *Bei der Hochwasserberechnung im Modellansatz Zemokost werden für eine bestimmte Jährlichkeit ebenfalls iterativ eine definierte Reihe von Niederschlagsereignissen unterschiedlicher Dauerstufe durchgerechnet. Die maßgebliche Regendauer ergibt sich von selbst, es ist jene, die die höchste Hochwasserspitze hervorbringt* [15].

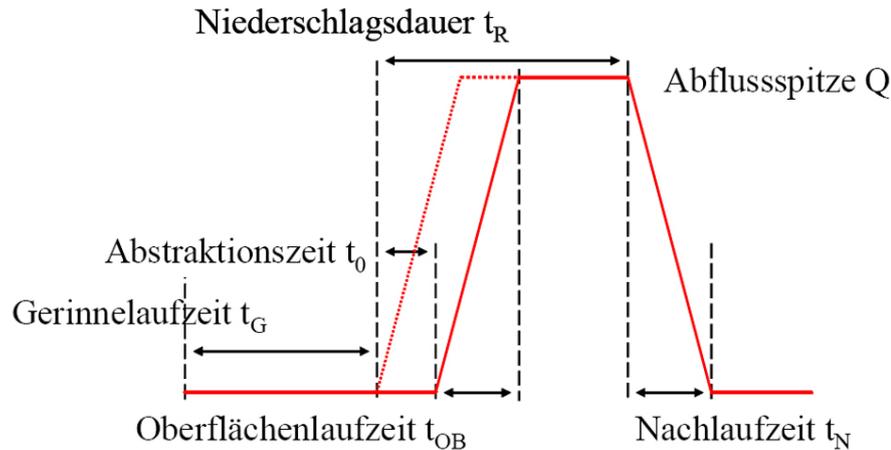


Abbildung 11.2: Trapezganglinie nach Zeller [15]

Für die Berechnung wird das Einzugsgebiet in Teileinzugsgebiete zerlegt und der Oberflächenabfluss sowie der Gerinneabfluss getrennt berechnet. Dadurch lassen sich für die einzelnen Teileinzugsgebiete Ganglinien berechnen, welche dann unter Berücksichtigung der zeitlichen Differenz überlagert werden können. Dabei kommt das von Zeller entwickelte Modell der Trapezganglinie (Abbildung 11.2 auf Seite 48) zu tragen.

Ein weiterer Unterschied liegt in der Berücksichtigung der Anfangsverluste der Niederschlagsereignisse. Im modifizierten Verfahren wird für die Abschätzung der Abflussbeiwerte eine Geländeanleitung zu Hilfe genommen. Darin sind für unterschiedliche Boden- und Vegetationseinheiten Klassen vorgegeben, welche dann vor Ort geschätzt werden. Aus den so erhobenen Parametern für die einzelnen Teileinzugsgebiete wird dann ein flächengewichteter Abflussbeiwert für das gesamte Gebiet ermittelt. Abbildung 11.3 zeigt die für die Berechnung nach dem Zemokost ausgewiesenen Teileinzugsgebiete sowie die Zuteilung der Abflussbeiwerte.

Die folgenden Parameter werden für die Berechnung nach dem Zemokost-Modell benötigt:

- Niederschlagsdaten des Einzugsgebietes
- Teileinzugsgebiete
- Topographische Daten
- Abflussbeiwerte
- Oberflächenrauigkeit

Der Ablauf des Berechnungsverfahrens ist in Abbildung 11.4 auf Seite 51 zusammengefasst.

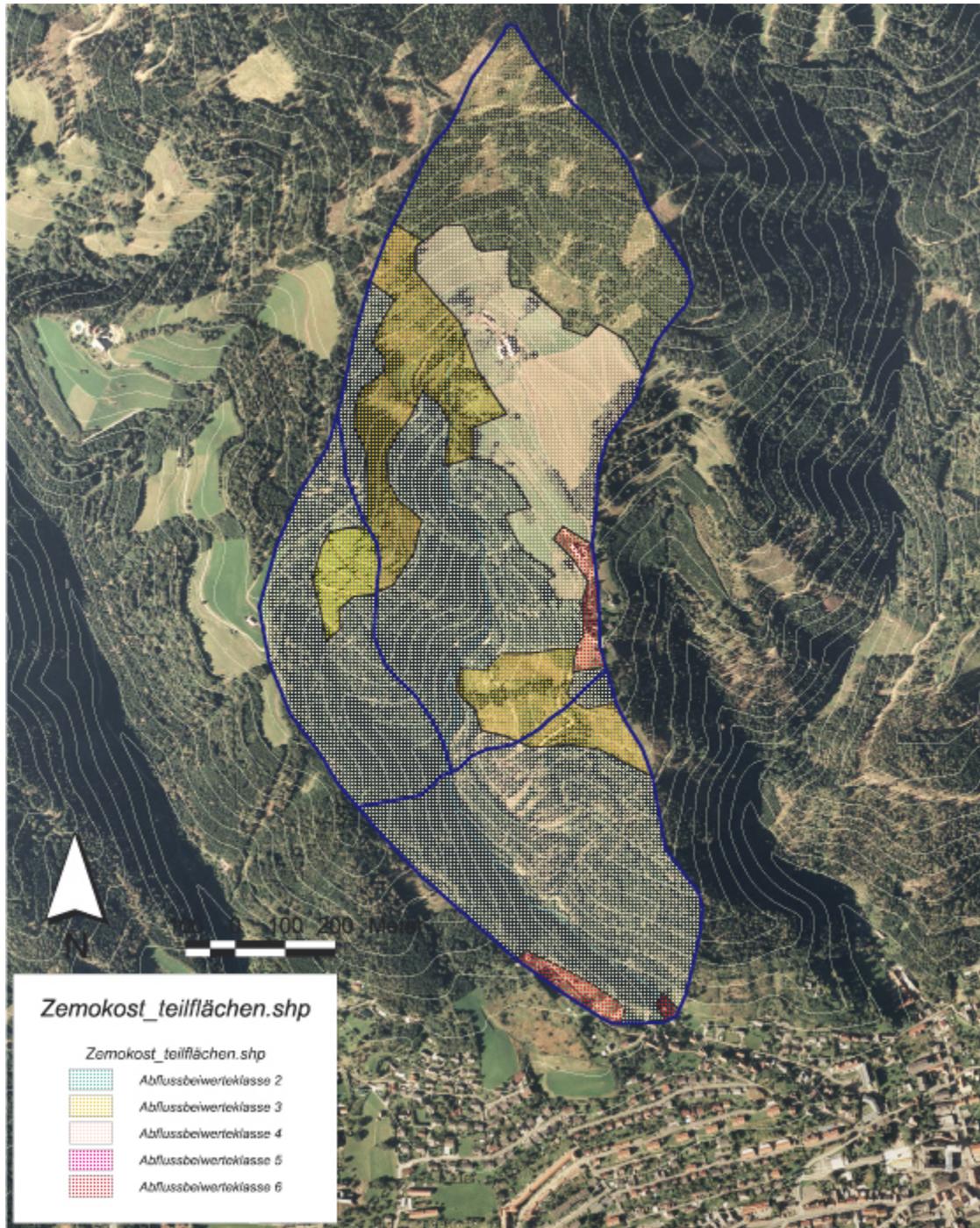


Abbildung 11.3: Ausweisung der Teileinzugsgebiete sowie der Abflusswerte

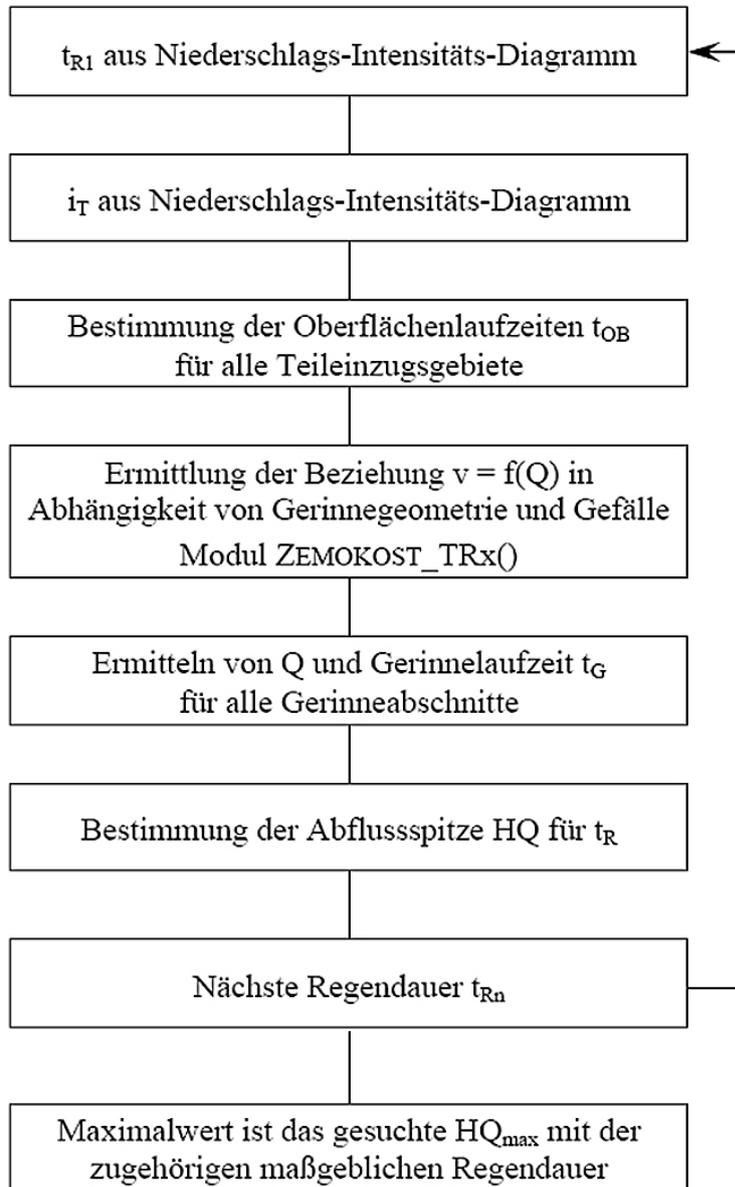


Abbildung 11.4: Systematische Vorgehensweise bei der Berechnung nach Zeller [15]

11.2 Ergebnisse

Die Berechnungen nach den im vorigen Kapitel beschriebenen Verfahren, liefern die folgenden Spitzenabflussmengen.

Ereignis	Wundt	Bergthaler	SCS	ZEMOKOST
HQ_{150}	$15,40 \text{ m}^3/\text{sec}$	$13,20 \text{ m}^3/\text{sec}$	$12,85 \text{ m}^3/\text{sec}$	$11,30 \text{ m}^3/\text{sec}$
HQ_{100}	$14,00 \text{ m}^3/\text{sec}$	$12,00 \text{ m}^3/\text{sec}$	$10,70 \text{ m}^3/\text{sec}$	$9,80 \text{ m}^3/\text{sec}$

Tabelle 11.5: HQ-Werte

Kapitel 12

Geschiebefrachtermittlung

Im Kapitel 10.2 wird eine mögliche Geschiebefrachtmenge von $2500 m^3$ angenommen. Diese Menge ist das Ergebnis einer Begehung vor Ort, welche im Zuge der Erstellung des Gefahrenzonenplanes (1986) vorgenommen wurde. Im Zuge der Diplomarbeit ist eine erneute Begehung vorgenommen worden um einen aktuellen Überblick über die Situation vor Ort zu bekommen. Des Weiteren wurden die erhobenen Daten für die Erstellung eines Geschiebepotentialbandes verwendet. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Begehung sowie die Vorgehensweise bei der Arbeit mit dem Programm zur Geschiebepotentialanalyse der Firma Pöyry Infra GmbH. dargelegt.

12.1 GPB - Geschiebepotentialband

Die Firma Pöyry Infra GmbH. hat eine Software mit dem Namen GPB entwickelt, welche im Zuge der Diplomarbeit zum Einsatz gekommen ist. *GPB erlaubt die einfache Erfassung der Parameter eines Wildbaches, automatisiert die Erstellung von Geschiebepotentialbändern, Berichten und Diagrammen und dient als digitales Archiv für die erfassten Wildbachdaten.* [18].

Als Grundlage für die Berechnung des Geschiebepotentiales werden bei einer Begehung des Gewässers alle wesentlichen Parameter, die Einfluss auf die mitgeführte Geschiebemenge haben können, erhoben. Die notwendigen Daten lassen sich grob in die

folgenden Gruppen einteilen:

1. Allgemeine Parameter (Höhenlage, Profil-Nr, etc.)
2. Gewässergeometrie (Länge des Homogenbereiches, Gefälle, Neigungsverhältnisse der Seitenhänge, etc.)
3. Gewässersohle (Kornparameter, Sohlausbildung, Sohlstruktur, etc.)
4. zusätzliche Potentiale (Geschiebepotential der Einhänge, Wildholzpotential, Murfähigkeit, etc.)

Um ein schnelles Arbeiten zu ermöglichen, stehen eigens für das Programm entwickelte Aufnahmeblätter zur Verfügung. Abbildung 12.1 auf Seite 55 ist die erste von acht Seiten des Aufnahmeformulars. Im Anhang finden sich alle 8 Seiten des Formulars inklusive einer kurzen Erklärung zu den einzelnen Parametern, welche das Arbeiten mit den Blättern erleichtern sollen. Um die Nachvollziehbarkeit der aufgenommenen Daten auch noch zu einem späteren Zeitpunkt zu erleichtern und um die Dokumentation zu verbessern, werden von jedem Homogenbereich Photos gemacht.

¹ Name Einzugsgebiet.....		² Profil Nr.	³ Fotos Nr:
⁴ Gerinnenname.....		⁵ Referenzpunkt: Nr:	⁶ Bezeichnung.....
⁷ Position Querprofil [Seehöhe].....		Seehöhe [m].....	
⁸ Koordinatensystem und Kartenprojektion			
⁹ xyz Referenzpunkt (GPS) x..... y..... z.....		¹⁰ $\sigma_{x,y}$ [m]..... σ_z [m].....	

¹¹ Geometrie <input type="checkbox"/> Messung <input type="checkbox"/> Schätzung <input type="checkbox"/> Annahme	
¹² Erstreckung Homogenbereich:	m oberstromig QP;
¹³ Schräge Länge Homogenbereich:	m Beginn Homogenbereich:
¹⁴ Längsgefälle [%]	m Ende Homogenbereich:

¹⁵Geometriedaten:

Form der Felslinie
 Dreieck
 Rechteck

¹⁶Geologie:

¹⁷Gefügemessungen: (FR/FW + Typ)

.....

.....

¹⁸ Komparameter	¹⁸ d ₃₀ [mm]:	¹⁸ d _{max} [mm]:
	¹⁸ d ₉₀ [mm]:	¹⁸ d ₃₀ /d ₉₀ :

¹⁹ Sohlausbildung	% Fels	²⁰ Rauhigkeit:
(Anteil am Homogenbereich)	% Lockermaterial	
²¹ Sohlstruktur	<input type="checkbox"/> Kaskade <input type="checkbox"/> Plane Bed	<input type="checkbox"/> Dune and Ripple
	<input type="checkbox"/> Step and Pool <input type="checkbox"/> Pool and Riffle	

²² Verkläuserung:	²³ Beschreibung
aktuell/historisch belegt: ⁷ Position [SH]:
potentiell: ⁷ Position [SH]:

²⁴ Mündung eines Zubringers:	²⁵ Geschiebepotential [m ³].....
Name.....	
⁷ Position [SH]:.....	
²⁶ rechtsufrig <input type="checkbox"/> linksufrig <input type="checkbox"/>	²⁷ Signifikanz <input type="checkbox"/> hoch <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> gering

²⁸ Wildholzpotential:	1	2	3	4	5
²⁹ von-bis					
³⁰ Stammzahl ab BHD 20 cm					

³¹ Murfähigkeit	1	2	3	4	5
³² Murprofil ²⁹ von bis					
³³ Murablagerung ²⁸ von - bis					

³⁴ Verbauung	1	2	3	4	5
³⁵ Position ²⁹ von bis					
³⁵ Art					

Abbildung 12.1: Aufnahmeblatt GPB



Abbildung 12.2: Photo des Homogenbereiches 1

12.1.1 Beispiel – Homogenbereich 1

In diesem Kapitel wird anhand eines Homogenbereiches das Aufnahmeverfahren verdeutlicht. Bei dem beschriebenen Bereich handelt es sich um jenen Bereich, der direkt an den Verlandungsraum des geplanten Geschiebesortierwerkes anschließt. Abbildung 12.2 auf Seite 56 zeigt den entsprechenden Bereich. Die Aufnahme­richtung ist entgegen der Fließrichtung des Baches. Die Photos der anderen Homogenbereiche, welche im Zuge der Begehung entstanden sind, befinden sich auf dem der Diplomarbeit beigelegten Datenträger um die Übersichtlichkeit der Arbeit zu erhalten.

Die nachfolgende Aufzählung zeigt welche Werte den einzelnen Parametern zugeordnet wurden:

- Homogenbereich: Nr 1
- Länge: 70m
- Gefälle: 7 Prozent
- Hangneigung: links 45° - rechts 45°
- Gerinne: Abpflasterung
- Rauigkeit: mittel (3)

- $d_{30}/d_{90} : 0,15$
- $d_{max} : 1500 \text{ mm}$
- Sohlstruktur: Kaskaden
- Geschiebepotential: Disposition 1A - rechts
- Wildholzpotential: 2 links - 1 rechts

12.2 Ergebnis

In Summe wurden 15 einzelne Homogenbereiche ausgewiesen und nach den oben genannten und beschriebenen Faktoren bewertet. Dadurch ergibt sich ein Längenschnitt, in welchem die einzelnen zugewiesenen Querprofile eingezeichnet sind. Für jeden einzelnen Homogenbereich wird das vorhandene Geschiebepotential angeführt und es entsteht ein fortlaufendes Geschiebepotentialband. Abbildung 12.3 auf Seite 58 ist eine nicht maßstäbliche Abbildung des berechneten Geschiebepotentialbandes. Das Geschiebepotentialband im Maßstab 1:500 befindet sich in der Planbeilage.

Für das untersuchte Gebiet ergibt sich aufgrund der Berechnungen ein Geschiebepotential von rund $1.800m^3$. Dieser Wert liegt unter der Menge von $2.500 m^3$, die im Gefahrenzonenplan angeführt ist. Dafür sind folgende Gründe ausschlaggebend: Im oberen Bereich des Winterbaches gibt es zwei kleine Zubringer, welche im Zuge der Bemessung nicht detailliert aufgenommen wurden, denen jedoch eine Geschiebemenge von ca. $400m^3$ zugeordnet werden kann. Ein weiterer Grund für den geringeren Wert ist auch die Tatsache, dass nicht die gesamte Fließlänge untersucht wurde, sondern nur der Bereich oberhalb der Sortiersperre. Dadurch wurde die untersuchte Bachlänge um ca. 400 m verkürzt.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird mit dem höheren Geschiebepotential von $2.500m^3$ gerechnet um auf der sicheren Seite zu sein, wobei der projektierte Geschieberückhalte- raum ein Volumen von $2.600m^3$ bei einem Verlandungsgefälle von 4 Prozent einnimmt.

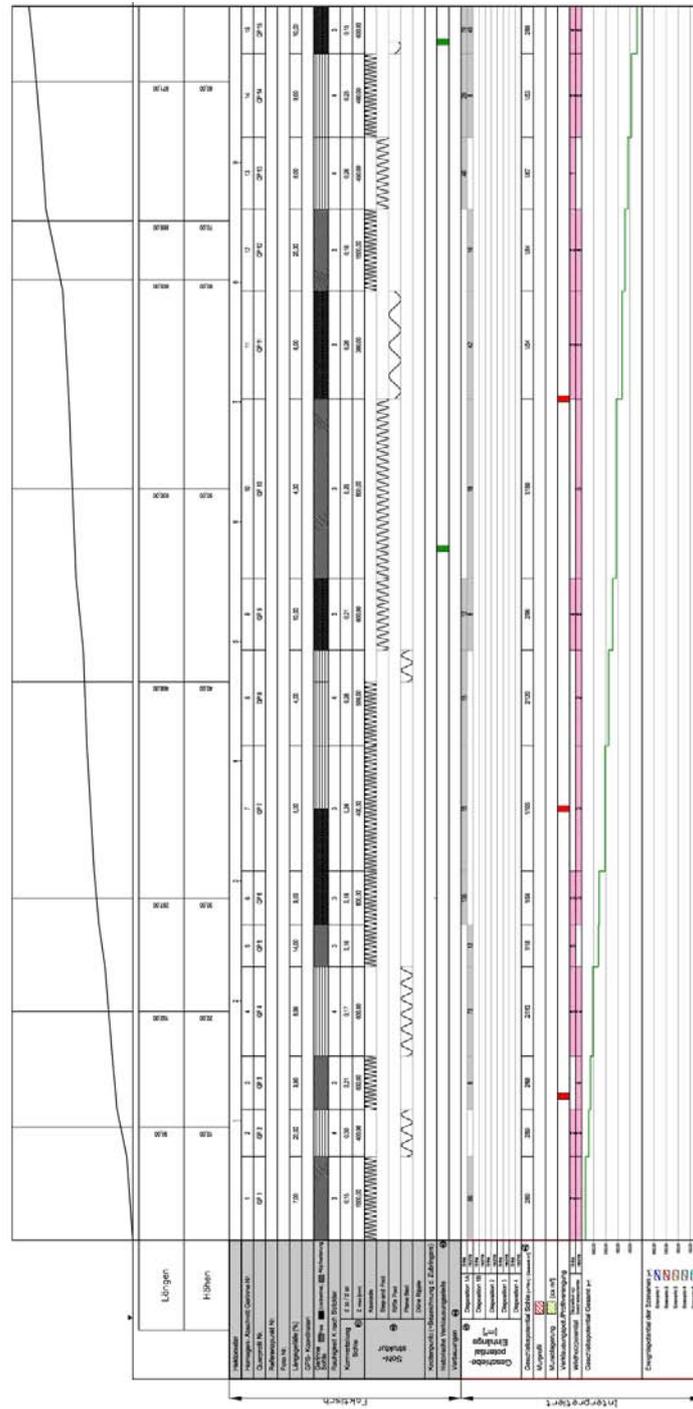


Abbildung 12.3: Geschiebepotentialband des Winterbaches

Kapitel 13

Ganglinienberechnung

13.1 Ermittlung der Zuflussganglinie

Für die Ermittlung der Zuflussganglinien kommt das bereits in früheren Kapiteln erwähnte Programm IHW zum Einsatz. Eines der Unterprogramme bietet die Möglichkeit Einheitsganglinien zu berechnen und graphisch darzustellen. Die Eingangsdaten werden dabei in zwei Klassen eingeteilt:

1. Gebietsspezifische Größen
2. Ereignisspezifische Größen

Zu den gebietsspezifischen Größen gehören unter anderen die Einzugsgebietgröße, die Länge des Vorfluters, das gewogene Gefälle sowie der prozentuelle Anteil an verbautem und unverbautem Gebiet. Zu den ereignisspezifischen Faktoren zählen die Niederschlagsintensität, der Monat in welchem das Ereignis angesiedelt ist, der Abflussbeiwert sowie die Anstiegszeit.

Des Weiteren ist es möglich den zeitlichen Verlauf des Niederschlagsereignisses festzulegen. Zur Auswahl steht eine anfangs-, mitten- oder endbetonte Funktion. In dem vorliegenden Fall wird die endbetonte Version verwendet. Weiters werden alle Ganglinien auf ein 150 jährliches Ereignis bezogen. Abbildung 13.2 zeigt das Datenblatt einer fertigen Auswertung für ein 15 minütiges Ereignis. In Abbildung 13.1 ist die grafische

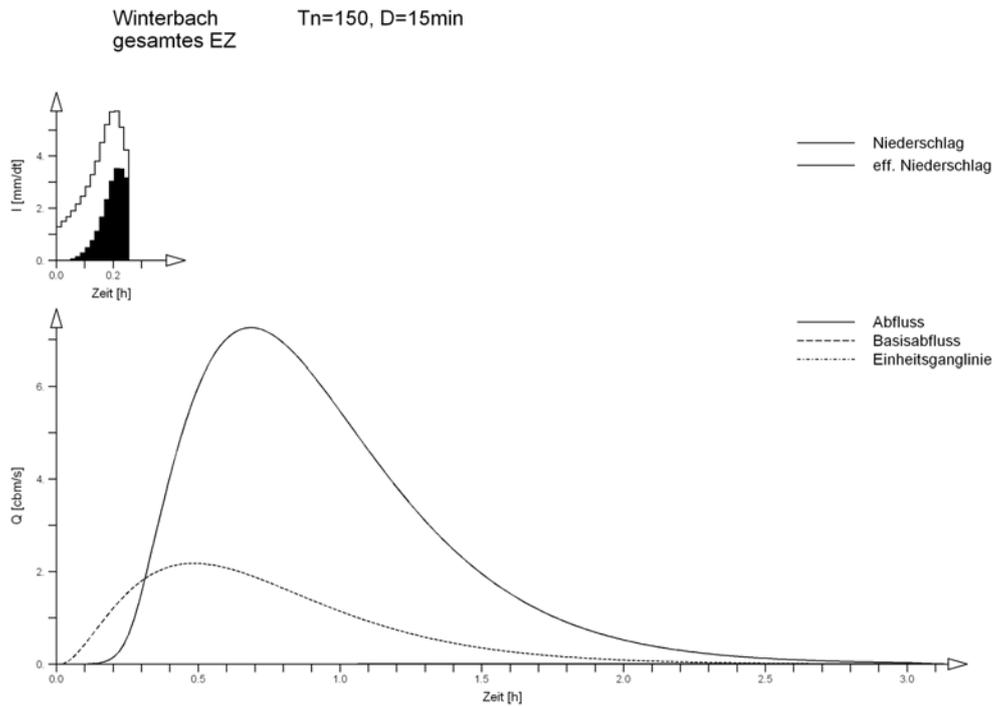


Abbildung 13.1: Graphische Darstellung einer Ganglinie - 15min, $T_n = 150$

Darstellung der Daten zu sehen. Die Datenblätter aller berechneten Zeitstufen sowie die graphischen Darstellungen der Zufussganglinien sind im Anhang einzusehen.

```

*****
* Hochwasseranalyse - Programm: A B F L U S S      Version: 5.01 *
* I W K  Universitaet Karlsruhe (TH)              *
* Datensatz: Winterbach      gesamtes EZ          Tn=150, D=15min *
* Berechnet am: 31. Aug 2007   um: 14:39:13      *
* $$                                              *
*****

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG
=====
Einzugsgebiet : winterbach
Gewässerstelle : gesamtes EZ
Ereignis : Tn=150, D=15min

Einzugsgebietsfläche : A = 1.200 [qkm]
Zeitschritt : DT = 0.170E-01 [h]

Gegietrückhalt
=====
Anfangsverlust : AV = 2.10 [mm]
Gesamtabflussbeiwert: FI = 0.390
zeitlicher Verlauf : IFI = 4

EINHEITSGANGLINIE
=====
Lineare Speicherkaskade über Regionalisierung

1.) Gebietsspezifische Größen

Gebietsfaktor : P1 = 0.1600
Länge des Vorfluters : L = 2.95 [km]
Länge bis Schwerpunkt : LC = 1.50 [km]
gewogenes Gefälle : IG = 11.1 [%]
Bebauungsanteil : U = 8.30 [%]
Waldanteil : W = 66.7 [%]
mittlere Anstiegszeit : TAM = 0.635 [h] *

2.) Ereignisspezifische Größen

Niederschlagsintensität : PI = 0.20E+03 [mm/h]
Monat : TMON = 4.
Abflussbeiwert : PSI = 0.3900
Anstiegszeit : TA = 0.592 [h] *
Faktor fuer UMAX : FAKU = 1.06

Maximum der Einheitsganglinie : UMAX = 0.2730 *

Anzahl der Linearspeicher : N = 2.79 *
Speicherkonstante : K = 0.261 [h] *
Anzahl der UH-Ordinaten : NH = 169 *

NIEDERSCHLAG
=====
Normierter Bemessungsniederschlag
Niederschlagsdauer : DAUER = 0.255 [h]
zeitliche Verteilung : IVER = 1

Berechnung der Effektivniederschlaege mit dem Lutz-Verfahren (rekursiv)

Anzahl der Niederschläge : NP = 15 *
Gesamtniederschlagshöhe : SUMP = 51.4 [mm]
Effektivniederschlagshöhe : SUMPE = 20.0 [mm] *

ABFLUSSGANGLINIE
=====
Anzahl der Abflüsse : NE = 184 *
Direktabflussvolumen : SUMQD = 0.241E+05 [cbm] *
Gesamtabflussvolumen : SUMQ = 0.241E+05 [cbm] *
Abfluss-Scheitelwert: QMAX = 7.260 [cbm/sec] *

```

Abbildung 13.2: Datenblatt der Ganglinienberechnung - 15min, Tn = 150

13.2 Ermittlung der Abflussganglinie

Für die Ermittlung der Abflussganglinie aus dem Retentionsbecken wird die Zuflussganglinie zeitlich auf das vorhandene Retentionsvolumen aufgeteilt. Die Differenz der Zuflussmenge weniger der Ablussumenge entspricht dem zu speichernden Volumen. Die Berechnung der Abflussganglinie, sowie die Füllhöhe im Becken erfolgt mittels des IHW-Programms „*SEERET*“. Eingangsdaten sind die in Abschnitt 13.1 berechneten Zuflussganglinien sowie das Speichervolumen. Das Speichervolumen muss im Vorfeld für einzelne Füllhöhen ermittelt werden. Für diese Arbeit wurden dazu Meterschritte verwendet.

Weitere Daten, die Eingang in die Berechnung finden, sind:

- die Höhe des Grundablasses
- die Höhe der Hochwasserentlastung
- die Abflusskurve des Grundablasses

Der Punkt *Abflusskurve des Grundablasses* bietet die Möglichkeit ein gesteuertes Becken zu berechnen. Dafür wird der gewünschte Abflusswert in der Höhe des Grundablasses und unterhalb der Hochwasserentlastung (Krone) eingegeben. Es ist auch möglich ein ungesteuertes Becken mit einem beliebigen Abflussquerschnitt zu berechnen.

Da man mit einem Schätzwert beginnt, was die Höhe des Bauwerkes und damit verbunden auch das Volumen betrifft, wird die Höhe schrittweise optimiert. Wenn das Bauwerk zu hoch gewählt wurde, kann die maximal erreichte Stauhöhe als neue Höhe für das Bauwerk herangezogen werden. Wird das Wasser jedoch nicht nur durch den Grundablass abgeführt, sondern auch über die Überfallssektion, so muss entweder die Bauwerkshöhe schrittweise erhöht werden, oder die Abflussmenge durch den Grundabfluss.

Als Ergebnis erhält man wiederum eine graphische und eine tabellarische Lösung.

Kapitel 14

Volumensermittlung

14.1 Volumenberechnung

Um eine genaue Abschätzung der Rückhaltevolumen zu erhalten, ist eine engmaschige Vermessung notwendig. Die Daten der Vermessung werden dann mit einem geeigneten Programm auf einen Rechner übertragen und ausgewertet. Für die Berechnung der Höhengichtlinien zwischen den einzelnen Punkten ist es notwendig Bruchkanten¹ auszuweisen. Diese Kanten sollten bereits bei der Vermessung vor Ort aufgenommen werden.

Im nächsten Schritt werden die Punkte der Vermessungspunktwolke automatisiert miteinander vermascht und es entsteht ein digitales Geländemodell (DGM). Bei diesem Vorgang werden die Punkte mittels Dreiecken verbunden, welche sich nicht überschneiden dürfen. Die im Vorfeld ausgewiesenen Bruchkanten werden dabei berücksichtigt. Mithilfe des DGM können nun die Höhengichtlinien mit der gewünschten Genauigkeit durch Interpolation berechnet werden. Die Verbindungen zwischen den Einzelpunkten werden dabei gemessen, und die Längen entsprechend geteilt. Abbildung 14.1 zeigt einen Ausschnitt der Vermessung mit den relevanten Bruchkanten. Abbildung 14.2 zeigt den selben Ausschnitt allerdings bereits mit den entsprechenden Höhengichtlinien (ohne Bruchkanten).

¹Kanten an denen eine starke Änderung der Neigung im Gelände auftritt



Abbildung 14.1: Ausschnitt der Vermessung mit eingezeichneten Bruchkanten

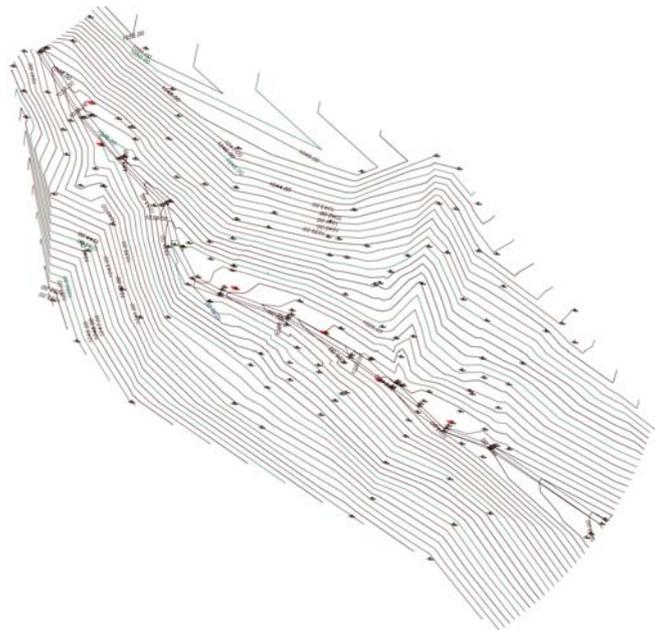


Abbildung 14.2: Ausschnitt der Vermessung mit interpolierten Höhenschichtlinien

Um die Berechnung des Volumens zu ermöglichen werden Querprofile in regelmäßigen Abständen benötigt. In den Plänen der Diplomarbeit sind zwei unterschiedliche Kategorien von Querprofilen zu sehen. Ein Teil der Querprofile ist in gleichmäßigen Abständen entlang der Bachachse ausgerichtet und der zweite Teil der Profile ist entlang der Talachse ausgerichtet. Die Profile entlang der Talachse sind annähernd parallel zueinander und können daher für die Berechnung herangezogen werden. Der Abstand zwischen den einzelnen Profilen beträgt im Schnitt 10 m, da die Talachse über weite Strecken als geradlinig angenommen werden kann.

Aus dem Längenschnitt und den Profilen lässt sich wie in Kapitel 15 beschrieben ein idealer Standpunkt auffinden. Es lässt sich auch erkennen wie weit der Verlandungsraum ins Hinterland reicht. Alle Profile welche sich innerhalb dieses Bereiches befinden, werden für die weitere Berechnung, auf welche hier nun näher eingegangen wird, herangezogen.

Zuerst wird die aufgrund der vorhandenen Situation maximal mögliche Höhe ermittelt. Im Falle des bachabwärtsgelegenen Retentionsbeckens erlaubt die vorhandene linksufrige Straße kein Bauwerk mit einer Höhe von mehr als 13 m (Gesamthöhe, inklusive Flügel), ohne zusätzliche Kosten durch die Verlegung der Straße zu schaffen.

Im ersten Schritt wird das natürlich vorhandenen Volumen ermittelt indem vom bestehenden tiefsten Punkt aus nach oben in Meterschritten horizontale Linien innerhalb des zur Verfügung stehenden Raumes eingezeichnet werden, bis die begrenzende Höhe erreicht ist. Bei Bedarf kann die Höhe noch mit verringerten Abständen (0,5 m bzw. 0,25 m Schritte) angepasst werden. Bei den bachaufwärtsgelegenen Profilen müssen die einzelnen Höhenlinien auf derselben Seehöhe liegen. Die Flächeninhalte der durch diesen Vorgang entstandenen Einzelflächen werden für alle Profile ermittelt und mit der entsprechenden Länge multipliziert. Dabei wird angenommen, dass bei einem Profilabstand von 10 m die Flächen jeweils für 5 m vor und hinter dem Profil gültig sind.

Abbildung 14.3 zeigt die Volumensermittlung mittels *Microsoft Excel* für das Urgelände des oberen Beckens. Die Datenblätter zu den weiteren Beckenberechnungen, sowie die Querprofile mit den ermittelten Teilflächen sind im Anhang beigelegt.

Einzelflächen Retentionsraum Winterbach (Urgelände)												
Länge	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00
Teilfläche	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5	Profil 6	Profil 7	Profil 8	Profil 9	Profil 10	Profil 11	Summe
14	39.6340	43.139	33.7120	29.6910	28.5010	28.3550	31.0370	23.8690	19.8170	16.8550		294.6100
13	37.2950	35.0850	30.9390	26.7520	25.0630	25.4820	27.9110	20.0820	17.0860	14.4100		261.0950
12	34.7970	32.7220	28.1700	24.0610	23.6840	22.3470	24.6670	16.7640	14.1710	11.4080		282.7910
11	32.2990	30.3630	25.4620	21.2140	21.5070	19.2240	21.5200	13.9320	11.6310	8.9940		206.1460
10	29.8730	28.0500	22.8110	18.8380	19.2020	16.5980	18.3910	11.6450	9.2700	6.6260		181.3040
9	27.4500	25.5580	20.1600	16.5890	16.6420	14.2650	15.0580	9.5650	6.5380	1.8650		153.4900
8	25.0270	22.9460	17.5090	14.3680	13.3020	12.1060	11.8110	7.0020	2.9200			128.9910
7	22.6050	20.3200	15.8580	12.1470	10.7130	9.9330	7.8470	3.1110	0.0340			102.5680
6	20.1660	17.6690	12.3040	9.9260	8.3750	7.4640	2.7470					78.6510
5	17.3970	15.0040	10.1470	7.7090	6.0360	3.0240						59.3170
4	14.5110	12.4490	8.0810	5.6030	1.7610							42.4050
3	11.8490	8.7680	5.9880	2.0750								28.6800
2	7.6370	5.7110	1.9040									15.2520
1	3.2890	1.1060										4.3950
Summe	323.8290	298.9900	233.0450	188.9730	175.7760	158.7980	160.9890	105.7700	81.4670	60.1580		1787.6950

Teilvolumen	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5	Profil 6	Profil 7	Profil 8	Profil 9	Profil 10	Profil 11	Summe
14	396.3400	431.3900	337.1200	296.9100	285.0100	283.5500	310.3700	238.6900	198.1700	84.2750	0.0000	2861.8250
13	372.9500	350.8500	309.3900	267.5200	260.5300	254.8200	279.1100	200.8200	170.8600	72.0500	0.0000	2538.9000
12	347.9700	327.2200	281.7000	240.6100	236.8400	223.4700	246.6700	167.6400	141.7100	57.0400	0.0000	2270.8700
11	322.9900	303.6300	254.6200	212.1400	215.0700	192.2400	215.2000	139.3200	116.3100	44.9700	0.0000	2016.4900
10	298.7300	280.5000	228.1100	188.3800	192.0200	165.9800	183.9100	116.4500	92.7000	33.1300	0.0000	1779.9100
9	274.5000	255.5800	201.6000	165.8900	166.4200	142.6500	150.5800	93.6500	65.3800	9.3250	0.0000	1525.5750
8	250.2700	229.4600	175.0900	143.6800	133.0200	121.0600	118.1100	70.0200	29.2000	0.0000	0.0000	1269.9100
7	226.0500	203.2000	158.5600	121.4700	107.1300	99.3300	78.4700	31.1100	0.3400	0.0000	0.0000	1025.6800
6	201.6600	176.6900	123.0400	99.2600	83.7500	74.6400	27.4700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	786.5100
5	173.9700	150.0400	101.4700	77.0900	60.3600	30.2400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	593.1700
4	145.1100	124.4900	80.8100	56.0300	17.6100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	424.0500
3	118.4900	87.6800	59.8800	20.7500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	286.8000
2	76.3700	57.1100	19.0400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	152.5200
1	32.8900	11.0600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	43.9500
Summe	3238.2900	2988.9900	2330.4500	1889.7300	1757.7600	1587.9800	1609.8900	1057.7000	814.6700	300.7900	0.0000	17576.1600

Abbildung 14.3: Tabellenansicht der Volumensermittlung

Kapitel 15

Variantenstudie

Ein wichtiger Schritt in der Planung eines derartig großen Projektes ist der Vergleich mehrerer Varianten. Auszuwählen ist jene Variante, welche den gewünschten Anforderungen aus abflusstechnischer sowie aus ökonomischer Sicht am besten gerecht wird. Im Falle des Winterbaches soll die Abflussmenge einen möglichst geringen Wert annehmen, da der Bach im Ortsgebiet unterirdisch geführt wird und wenig Platz für große Einbauten und Rohre zur Verfügung steht. Wesentlich in diesem Zusammenhang ist auch die Vereinigung des Winterbaches mit dem Hauptbach „Fohnsdorferbach“. Das Problem dabei besteht darin, dass im Einzugsgebiet des Fohnsdorferbaches kaum Platz für abflussreduzierende Bauwerke vorhanden ist. Um die Dimension der Rohre/ Kanäle möglichst klein zu halten und nicht unnötigerweise zu vergrößern ist es zielführend die Wassermenge des Zubringers gering zu halten. Ebenso war es ein Ziel unter einer Gesamtbauwerkshöhe von 15 Metern zu bleiben, um eine Staubeckenkommission zu umgehen.

Im Zuge der Untersuchung werden mehrere Varianten durchgerechnet. Zwei der möglichen Varianten werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben und die Ergebnisse miteinander verglichen.

Die Pläne der einzelnen Varianten sind im Anhang zu finden.

15.1 Schwimmersteuerung

Die erste Entscheidung in Bezug auf die Variantenauswahl betrifft die Form des Grundablasses. Dabei stellt sich weniger die Frage ob der Grundablass als beispielsweise Rohr- oder Maulprofil ausgeführt werden soll, sondern ob er eine starre Querschnittsfläche (ungesteuert) oder eine der Stauhöhe angepasste variable Durchflussfläche (gesteuert) besitzt.

Im Falle eines ungesteuerten Retentionsbeckens nimmt der Abfluss aus dem Grundablass mit steigendem Wasserspiegel aufgrund der Druckhöhe zu. Der „*Torricellische Lehrsatz*“ besagt, *dass beim Ausfließen einer Flüssigkeit aus einem Gefäß die Ausflusgeschwindigkeit der Quadratwurzel aus der Höhe der Flüssigkeit proportional ist* [10]. Da die Durchflussfläche konstant bleibt, führt dies bei einer Geschwindigkeitszunahme der Flüssigkeit zu einer Zunahme der Durchflussmenge gemäß der Formel 15.1.

$$Q = A * v_i \tag{15.1}$$

Die gewünschte Durchflussmenge stellt einen Maximalwert dar. Ein ungesteuertes Becken darf aufgrund der Gesetzmäßigkeit diesen Wert erst bei Vollfüllung erreichen. Der darunterliegende Gewässerabschnitt muss/kann daher nur über einen kurzen Zeitraum die Höchstwassermenge auf welche er ausgelegt ist aufnehmen, während dessen der Wasserstand im Speicher kontinuierlich steigt.

Bei einem gesteuerten Becken, steigt die Abflussmenge mit zunehmender Druckhöhe, bis der maximal zulässige Abfluss erreicht ist. Ab diesem Zeitpunkt greift eine Regelung, ähnlich einer Blende bei einem Fotoapparat, ein. Die Firma Steinhardt aus Deutschland garantiert bei ihren „*HydroSlide*“-Produkten eine Abweichung der Abflussmenge von maximal fünf Prozent.

Die Steuerung erfolgt mittels eines tonnenförmigen Schwimmers, welcher über ein Gestänge entweder direkt oder über eine zusätzliche Steuerscheibe, mit der Blendenregelung verbunden ist. Beginnt der Schwimmer aufgrund des Auftriebes aufzuschwimmen, fängt die Blende an sich zu schließen. Wichtig dabei ist die exakte Abstimmung zwischen dem

vorhandenen Rückhaltevolumen in den einzelnen Höhenbereichen und der Steuerscheibe.

Der wesentliche Nachteil der gesteuerten Becken ist neben den höheren Kosten, der höhere Planungs- und Bauaufwand, da eine zusätzliche Schwimmerkammer eingeplant werden muss. Diese Baumaßnahme schützt den Grundablass vor einer Verklausung und den Ausleger des Schwimmers vor einer Verklemmung durch möglicherweise angeschwemmtes Treibgut. Desweiteren wird dadurch der Druck auf die Schwimmer- und Steuereinheit verringert, da der Anpressdruck durch die reduzierte Anströmgeschwindigkeit reduziert wird.

Abbildung 15.1 zeigt einige der *HydroSlide*-Produkte der Firma Steinhardt. Die einzelnen Modelle sind alle für unterschiedliche Stauhöhen und Durchflussmengen optimiert, und meist in mehreren Varianten in Bezug auf die Bewegungsachse des Schwimmers ausgelegt.



Abbildung 15.1: Verschiedene *HydroSlide* Abflussregler der Firma Steinhardt [11]

Bereits im Jahr 2007 wurde vom Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinverbauung (GBL: Oberes Murtal) ein gesteuertes Retentionsbecken geplant und fertiggestellt. Die Abbildung 15.2 zeigt zwei Fotos, welche am Tag der Abnahme der Schwimmersteuerung aufgenommen worden sind. Bei dem verbauten Schwimmersystem handelt es sich um einen *HydroSlide* Vertikalregler. Die Optimierung des Systems erfolgte

durch die *Neuhold GmbH. für Umwelttechnische Anlagen* mit Sitz in Gleisdorf. Aus den Projektunterlagen des Urteilbaches stammt auch die Abbildung 15.3 auf Seite 71, welche eine Explosionsdarstellung des zum Einsatz gekommenen Vertikalreglers zeigt.



Abbildung 15.2: Ein *HydroSlide VN Abflussregler* bei der Abnahme und im Ruhezustand

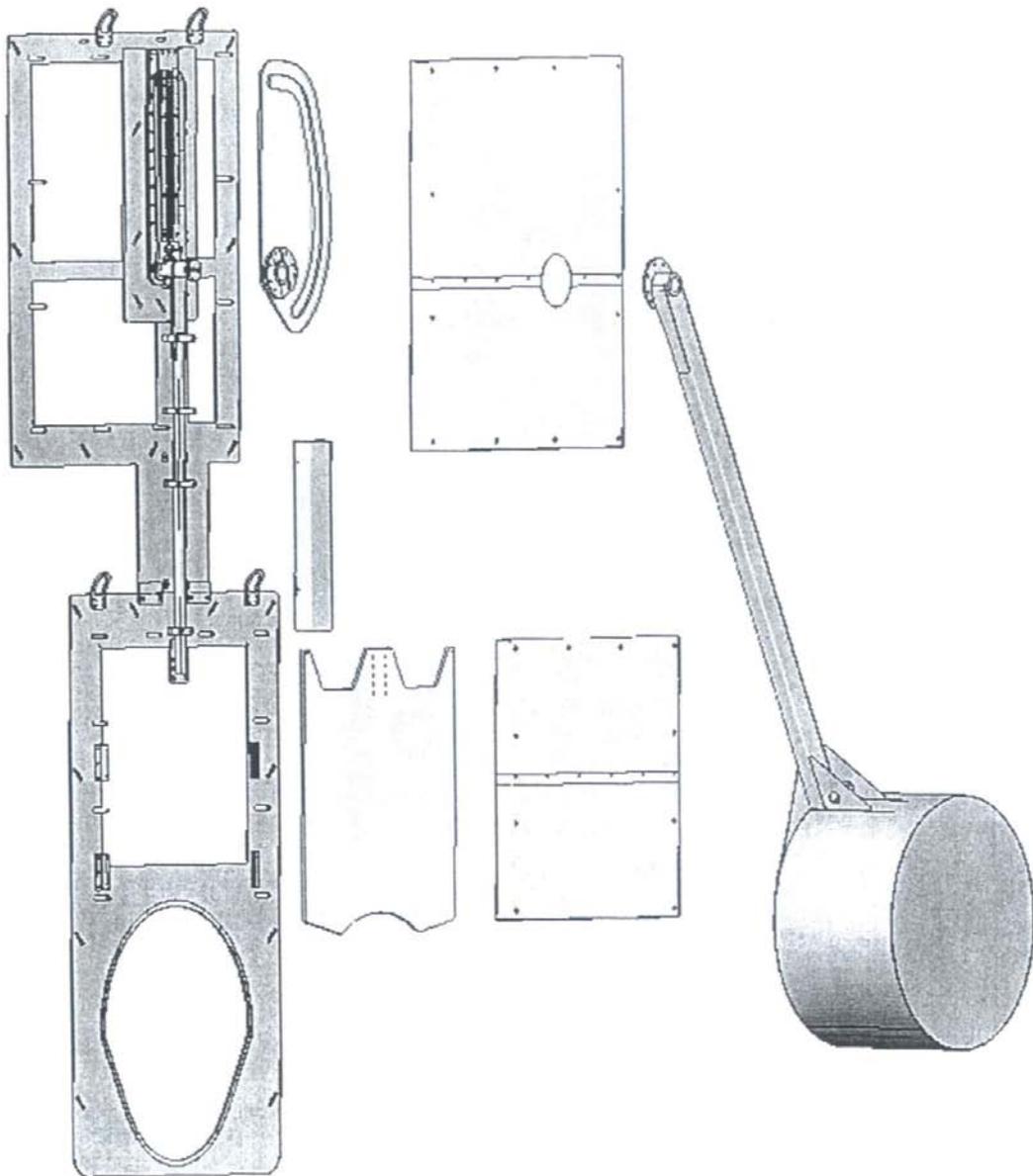


Abbildung 15.3: Explosionsdarstellung eines *HydroSlide DR 1400 VN Abflussreglers* der Firma Steinhardt [12]

15.2 Variante I

Bei Variante I wird versucht eine möglichst große Menge an Wasser in einem Becken zu speichern, und damit verbunden eine möglichst große Retentionswirkung zu erzielen. Zwei Standpunkte sind in diesem Zusammenhang auf deren Eignung untersucht worden. Der erste untersuchte Standpunkt liegt zirka 60 m (hm 1,2) oberhalb des letzten Wirtschaftsgebäudes. Der zweite untersuchte Standpunkt liegt bei hm 2,4.

Die Berechnung zeigt jedoch, dass das Becken am ersten Standpunkt nicht das notwendige Speichervolumen erreicht, da eine linksufrig gelegene Straße die Bauwerkshöhe begrenzt. Aus diesem Grund wird im Weiteren nur die Variante am weiter bachaufwärts-gelegenen Standpunkt genauer beschrieben.

Der Standpunkt der oberen Variante befindet sich oberhalb des Verlandungsraumes der bereits vorhandenen Geschieberückhaltesperre. Um das erforderliche Volumen zu erreichen, muss das Retentionsbecken eine Höhe von 14,0 m bis zur Krone sowie eine Länge von 96 m haben. Bei dem vorhandenem Gelände entspricht dies einem Volumen von rund 17.500 m^3 . Da die 14 m jedoch nicht die Gesamthöhe, sondern lediglich die Einstauhöhe wiedergeben und das Volumen nicht ausreicht, muss das natürliche Gelände verändert werden.

Der natürliche Böschungswinkel liegt bei zirka 45° . Für die Vordimensionierung wird das Gelände an einigen Stellen mit einem Verhältnis von 1:1 geböscht, und die Sohle zusätzlich eingetieft. Durch diese Maßnahmen ist es möglich ein Volumen von 19.400 m^3 bei einer Bauwerkshöhe von lediglich 12,5 m zu erreichen. Tabelle 15.1 zeigt den Anstieg des Speichervolumens mit zunehmender Bauwerkshöhe. Die detaillierte Berechnung befindet sich im Anhang (.6). Es ist dabei sehr gut zu erkennen, welche Auswirkung die Zunahme der Bauwerkshöhe um einen Meter hat. So beträgt der Zuwachs zwischen 8 und 9 m bereits 10 Prozent - zwischen 12 und 12,5 m jedoch schon über 13 Prozent.

Als Grundannahme für die Retentionsberechnung wird ein maximaler Wert von $4,5 \text{ m}^3$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12,5
0,3	0,8	1,4	2,2	3,2	4,5	5,9	7,8	9,8	12,0	14,3	16,8	19,4

Tabelle 15.1: Addierte Volumenwerte für Variante I in [$m^3 * 10^3$]

angenommen. Um den Rückhalteraum und den geringen zur Verfügung stehenden Raum ideal nutzen zu können, handelt es sich bei dem Bauwerk um ein gesteuertes Retentionsbecken.

Bachabwärts erfolgt die Ableitung des Abflusses in einem offenem Gerinne, welches bis zu $2/3$ der HQ_{red} -Höhe mit einer Grobsteinschichtung gesichert wird. Als Sicherungsmaßnahme werden alle 2 m Höhendifferenz Querwerke eingebaut.

Bachaufwärts schließt direkt an das Retentionsbecken eine Geschiebesortiersperre an. Sie hat eine Gesamthöhe von 8,5 m und hat einen Verlandungsraum von zirka 50 m. Daraus ergibt sich ein Geschiebevolumen von mehr als 2.600 m^3 . Der Wert für das Geschiebe ist dem Gefahrenzonenplan für den Winterbach aus dem Jahr 1986 entnommen (Kapitel 10.2 auf Seite 37).

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird ausschließlich die Variante I genauer behandelt, da sie unter den gegebenen Bedingungen die wirtschaftlichere Lösung darstellt.

15.3 Variante II

Die Variante II ist der Variante I sehr ähnlich. Das Bauwerk für den Geschieberückhalt, sowie das in Variante I beschriebene Retentionsbecken bleiben bestehen. Zusätzlich ist bei dieser Variante ein zweites Rückhaltebecken geplant.

Auch bei dem zweiten Becken handelt es sich um ein gesteuertes Bauwerk, um wiederum den Wirkungsgrad der Retention maximal ausnutzen zu können. Bei dieser Variante wurden ebenfalls zwei mögliche Standpunkte untersucht. Der erste in Siedlungsnähe, der andere direkt im Anschluss an das Becken aus Variante I. Wiederum begrenzt die linksufrige Straße die Bauwerkshöhe des siedlungsnahen Beckens, so dass die Entscheidung auf den bauchaufwärtsgelegenen Standpunkt fällt. Von den Dimensionen ist das Becken nicht

wesentlich kleiner als jenes aus Variante I. Es hat eine Bauwerkshöhe von der Sohle bis zur Krone von 12 m und eine Länge von 100 m. Aufgrund der schlechteren Topographie ist der vorhandene Rückhalteraum mit einem Volumen von 11.850 m³ jedoch um zirka 40 Prozent geringer.

Die folgende Tabelle zeigt das mögliche Rückhaltevolumen für die einzelnen Höhenabschnitte in 1 m-Abständen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,2	0,4	0,8	1,3	1,9	2,7	3,7	5,0	6,4	8,0	9,8	11,8

Tabelle 15.2: Addierte Volumenwerte für Variante II in [m³ * 10³]

Durch das zweite gesteuerte Retentionsbecken ist es möglich den Abfluss aus dem ersten Retentionsbecken mit 4,5 m³/sec auf 3,5 m³/sec zu reduzieren. Dadurch ist ein schmäleres Gerinneprofil im Unterlauf möglich und die Belastung der Rohrleitung im Bereich der Zusammenmündung des Winterbaches mit dem Fohnsdorferbach wäre ebenfalls geringer.

Kapitel 16

Geplante Bauwerke

Im Zuge der Vorstudie sind auch Entwürfe für eine eventuelle Bauausführung der einzelnen Bauwerke entstanden. Dabei geht es in erster Linie darum zu überprüfen ob die in der Variantenstudie beschriebenen Bauwerke sich auch tatsächlich planerisch in die bestehende Umgebung einfügen lassen, und ob es dabei zu Problemen kommen kann. Die Dimensionierung der einzelnen Bauteile muss im Zuge einer Detailplanung im Falle einer Verwirklichung des Projektes durchgeführt werden. Die jetzigen Dimensionen sind Schätz- und Erfahrungswerte welche als Grundlage unterschiedlicher Projekte der Wildbach- und Lawinenverbauung haben.

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Bauwerksgruppen genauer beschrieben und auf eventuelle Probleme die auftreten können hingewiesen. Die entsprechenden Pläne zu den einzelnen Bauwerken, sowie ein Lageplan und ein Längenschnitt befinden sich in der Planbeilage dieser Arbeit sowie auf dem beigelegten Datenträger. (Auf dem Datenträger befinden sich auch noch weitere Pläne welche ebenfalls als Planungshilfen verwendet wurden jedoch nicht von so hoher Relevanz waren.) Abbildung 16.1 auf Seite 76 ist der nichtmaßstäbliche Ausschnitt des Lageplanes der die Lage der einzelnen Bauwerke zum besseren Verständnis zeigt.

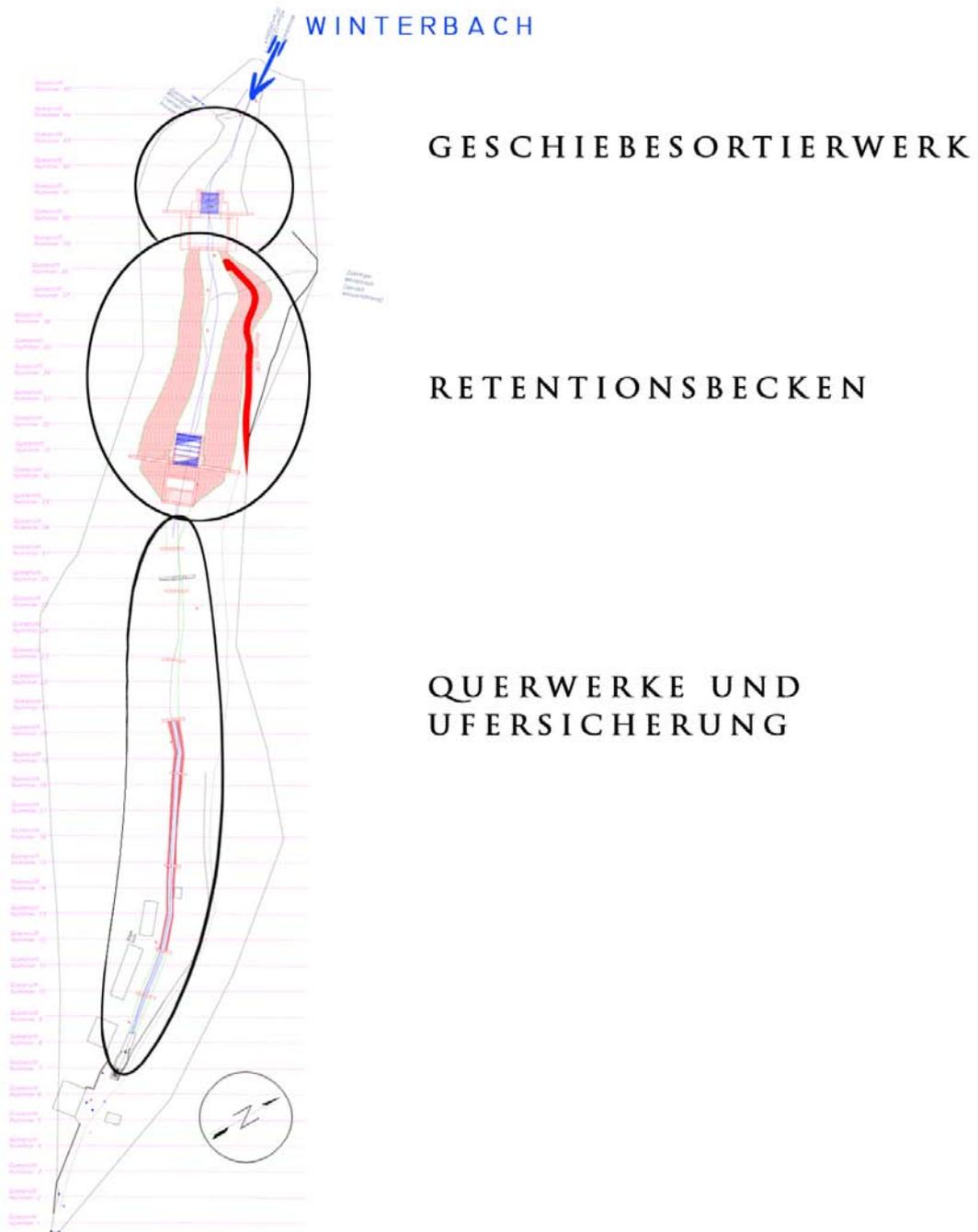


Abbildung 16.1: Lageplan - Übersicht der Bauwerke

16.1 Retentionsbecken

Das Retentionsbecken ist das wesentliche Bauwerk dieser Studie und wird daher auch an erster Stelle behandelt. Des Weiteren beeinflusst es auch wesentlich die flussabwärtsgelegenen Querwerke und hat im Falle dieses speziellen Projektes auch einen direkten Einfluss auf das Geschiebesortierwerk, da selbiges im Falle eines HQ_{150} zu einem gewissen Grad eingestaut wird.

Ein Punkt welcher die Planung des Retentionsbeckens und dessen Bauausführung ausschlaggebend beeinflusst hat, ist die Tatsache das versucht wurde die Gesamtbauwerkshöhe - von der Fundamentunterkante bis hin zum höchsten Punkt an den Flügeln - unter 15 m zu halten. Bei einer Gesamthöhe von mehr als 15 m ist es notwendig das Retentionsbecken durch die sogenannte Staubeckenkommission genehmigen zu lassen.

Durch die von Natur aus sehr steilen Einhänge (in vielen Bereichen sind diese sogar steiler als 100 Prozent) sind die Möglichkeiten zusätzlichen Stauraum zu gewinnen stark begrenzt (nähere Informationen zur Ermittlung des Rückhaltevolumens finden sich in Kapitel 14.1 auf Seite 63). Die einzige Möglichkeit besteht dadurch die wenigen Bereiche welche noch flacher als 1:1 geböscht sind ebenfalls abzutragen und die bestehende Bachsohle einzutiefen. Um die Standfestigkeit der Seitenhänge auch im Hochwasserfall, also bei Einstauung der Hänge, zu gewährleisten werden diese durch eine Grobsteinschichtung gesichert.

Ein wesentlicher Vorteil den das Planungsgebiet in Bezug auf die Fundamentierung bietet, ist die Vermutung welche auf Beobachtungen des Umlandes sowie mehreren Begehungen beruht, dass bereits in geringer Tiefe gewachsener Fels vorhanden ist. Dadurch ist es möglich das Bauwerk gut mit dem Untergrund zu verbinden und es kann dadurch wesentlich flacher gegründet werden, als es an einem geologisch betrachtet schlechteren Standpunkt. An dieser Stelle ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass die detaillierte Standortkartierung durch einen Geologen ebenfalls erst im Zuge der Detailplanung durchgeführt wird.

16.1.1 Abmessungen

Das Retentionsbescken nimmt im Grundriss an der breitesten Stelle eine Breite von 43,05 m und eine Gesamtlänge von 28,00 m in Anspruch. Die Gesamtbauwerkshöhe konnte wie gewünscht unter 15 m gehalten werden und liegt bei 14,95 m. Der tiefste Punkt (Fundamentunterkante) liegt auf einer kotierten Höhe von 1017,37 m während der höchste Punkt der Flügel eine kotierte Höhe von 1032,32 m erreicht. Die Oberkante der Staumauer und zugleich Unterkante der Überfallssektion im Falle eines HQ_{5000} liegt dabei auf einem Niveau von 1031,35 m. Dies entspricht einer nutzbaren Stauhöhe von 12,6 m.

Die Hänge im Retentionsraum werden wie bereits weiter oben beschrieben in einem Verhältnis von 1:1 geböscht und mittels einer Grobsteinschichtung gesichert. Im Bereich des Sperrenvorfeldes, und damit auch im Einflussbereich der Überfallssektion werden die Hänge in einem Verhältnis von 2:3 geböscht. Da diese im Falle eines Hochwassers welches größer als das Bemessungshochwasser ist dem überfallenden Wasser standhalten müssen, werden diese ebenfalls mittels einer Grobsteinschichtung gesichert. Es wurde auch überlegt diesen Bereich ebenfalls mittels betonierter Wangen zu sichern, dies wurde jedoch dann aus ökologischen, optischen und bautechnischen Gründen verworfen.

Die betonierte Sohle im Bereich des Sperrenvorfeldes wird ebenfalls aus Schutztechnischengründen mit einer Grobsteinschichtung ausgelegt. Um ein Abschwemmen und Verschieben der Steinschichtung zu verhindern sind 2 Betonstufen quer zur Fließrichtung aus dem Betonfundament nach oben gezogen, an denen die Steine zusätzlichen Halt finden.

Bachaufwärts von der Staumauer gelegen befindet sich die Schwimmerkammer, welche dem Schwimmer zusätzlichen Schutz vor Schwebstoffen und Treibholz bietet, sowie ein direktes Anströmen des Schwimmers verhindert. Dadurch soll ein reibungsloses Arbeiten des Schwimmers auch unter extremen Bedingungen gewährleistet werden. Sollte es dennoch zu einer Verklausung des Grundablasses kommen, ist an der Außenseite der Schwimmerkammer ein Schacht angebracht, welcher im Falle eines solchen Ereignisses geöffnet werden kann und als Bypass-Leitung eine Leerung des Beckens ermöglicht. Der

Einlaufbereich der Schwimmerkammer ist zusätzlich durch einen Rechen geschützt, welcher Schwebstoffe und Geschiebe welche das Geschiebesortierwerk passiert haben abzuhalten.

Die Sohle im Einlaufbereich des Retentionsbeckens ist mittels einer Steinschichtung welche in Magerbeton verlegt ist gesichert. Zirka 3 m vor der Mauer zur Schwimmerkammer geht diese in eine Sohle aus Stahlbeton über um die Standsicherheit und die Funktionsfähigkeit des Bauwerkes zu gewährleisten.

16.2 Geschiebesortierwerk

Die Aufgabe des Sortierwerkes besteht vor allem darin, das Geschiebe welches bei einem Hochwasserereignis transportiert wird aufzufangen, um so die darunterliegenden Bauwerke zu schützen. Der Abstand der Rechenstäbe richtet sich dabei nach dem größten Korndurchmesser der zurückgehalten werden soll. Wie bereits in Kapitel 16.1 über das Retentionsbecken erwähnt, ist dieses Bauwerk bis zu einer Höhe von ca. 5 m eingestaut und steht somit im Hochwasserfall unter Auftrieb. Im Zuge der Variantenstudie sind verschiedene Standpunkte für beide Bauwerke (Retentionsbecken und Geschiebesortierwerk) untersucht worden. Aufgrund der Topographie hat sich jedoch herausgestellt, dass die beiden gewählten und in den Plänen eingezeichneten Standpunkte die idealen Stellen darstellen. Im Projektierungsbereich des Sortierwerkes ist bereits der gewachsene Fels an den Talflanken sichtbar und auch im Bereich der Sohle liegt der Fels bereits in geringer Tiefe.

16.2.1 Auftrieb

Jeder Körper, der schwimmt oder in eine Flüssigkeit eingetaucht ist, erfährt eine Auftriebskraft, die gleich dem Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeit ist und im Verdrängungsschwerpunkt angreift [19].

Diese Gesetzmäßigkeit gilt es bei allen Bauwerken, welche unter Wasser gegründet sind, beziehungsweise bis zu einer gewissen Höhe beidseitig eingestaut sind zu berücksichtigen. Um die Standfestigkeit in einem solchen Fall zu gewährleisten müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden. In weitere Folge werden ein paar Ideen genannt welche den Auftrieb herabsetzen können.

Eine Möglichkeit besteht darin das Gesamtgewicht des Bauwerkes zu erhöhen um damit die dem Auftrieb entgegenwirkende Last zu erhöhen. Dies kann zum Beispiel durch die Wahl eines dichteren Betons erreicht werden. Weiters wäre es möglich das Volumen, welches verdrängt wird zu reduzieren. So wären zum Beispiel durch die Fundamentplatte in senkrechter Richtung angebracht Öffnungen eine weitere Möglichkeit den Auftrieb zu reduzieren.

Ebenfalls zu einer Reduzierung des Auftriebes kommt es, wenn eine zusätzliche Last auf den unter Auftrieb stehenden Körper aufzubringen. Im Falle des vorliegenden Projektes wurden aus diesem Grund die Vorfelddwangen über die Höhe der Einstauung hinaufgezogen, obwohl dies unter „normalen“ Umständen nicht notwendig wäre. Ein weiterer Vorteil in Bezug auf das Planungsgebiet ist die bereits erwähnte Tatsache dass bereits in geringer Tiefe mit anstehendem Fels gerechnet werden kann. Diese Gegebenheit bietet die Möglichkeit das Bauwerk in den Untergrund zu verankern und es so zusätzlich gegen „Aufschwimmen“ zu sichern.

Um ein Bauwerk gegen Auftrieb zu sichern stehen im wesentlichen die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

- Erhöhung der Dichte des Baumaterials
- Reduzierung des verdrängten Volumens
- Aufbringen einer Auflast
- Verankerung in den Untergrund

16.2.2 Abmessungen

Die Fundamentkante unter den Wangen der Sortiersperre liegt auf einer kotierten Höhe von 1024,34 m während der höchste Punkt auf einer Höhe von 1037,58 m liegt. Die rechteckige Durchlassöffnung beginnt auf einer Höhe von 1024,25 m. Das gesamte Bauwerk erstreckt sich über eine maximale Breite von 34,60 m und hat eine Gesamthöhe von 13,45 m. Entlang der Bachsachse erstreckt es sich über eine Länge von 23,70 m.

Der Bereich der Vorfeldsperre wurde wie bereits im Kapitel über den Auftrieb beschrieben soweit in die Höhe gezogen, bis es den Wasserspiegel bei Einstauung (1031,35) um zumindest 1,5 m überragt. Durch diese Baumaßnahme werden auch die Hänge im Sperrenvorfeld relativ flach. Die Hänge im Bereich des Ablagerungsraumes werden im direkten Bereich bachaufwärts des Baches 1:1 geböscht um nach einer Übergangsstrecke auf das natürlich vorhandene Gelände überzugehen.

Der gesamte Rückhalteraum bietet ein Volumen von 2.600 m^3 . Es wird dabei mit einem Verlandungsgefälle von zirka 4-5 Prozent gerechnet.

16.3 Querwerke

Im weiteren Verlauf des Baches bachabwärts des Retentionsbeckens sind mehrere Querwerke vorgesehen, welche zur Sicherung des Gerinnes beitragen sollen. Bei diesen Bauwerken handelt es sich um Sohlgurten aus Stahlbeton. Es wurde auch die Möglichkeit angedacht diese Bauwerke aus Holz zu fertigen, allerdings sieht die technische Richtlinie der Wildbach- und Lawinenverbauung vor, dass die Bauwerke innerhalb eines Projektes aus denselben Materialien gebaut werden, um eine einheitliche Lebensdauer zu gewährleisten.

Die Richtlinie sieht weiters vor, dass Querwerke in regelmäßigen Abständen eingebaut werden. Als grober Anhaltspunkt wird dazu die Höhendifferenz herangezogen, so ist alle zwei Höhenmeter ein Querwerk zur Sicherung der Sohle vorgesehen. Das Gerinne selbst wird bis zu $2/3$ der Bemessungshochwasserhöhe mit einer Grobsteinschichtung gesichert. Bei einem Anzug von mehr als 2:3 wird der gesamte Bereich gesichert.

16.3.1 Abmessungen

Die Querwerke haben alle eine einheitliche Breite von 80 cm. Dies beruht auf der Tatsache, dass entlang der Überfallssektion Wasserbausteine in Beton verlegt werden und diese eine durchschnittliche Länge von 80 cm haben. Durch den Einbau der Wasserbausteine wird der ökologische Aspekt gewährleistet und auch ein optisch unauffälligeren Bau möglich.

Die einzelnen Bauwerke sind sich relativ ähnlich und haben eine Breite zwischen 6,50 m und 8,65 m bei einer Höhe zwischen 2,50 m und 3,50 m. In Summe werden 8 Sohlgurten entlang der Fließstrecke zwischen dem Grundablass des Retentionsbeckens und dem Einlauf in die Verrohrung gebaut.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Übersichtskarte der Steiermark	4
3.1	Lage der Klimaregionen	6
4.1	Beispielhafte Darstellung der Daten	10
4.2	Die verwendeten Messstationen	11
4.3	Bildschirmausschnitt aus dem Programm <i>EHYD</i>	13
4.4	Beispielhafte Tabellenansicht der heruntergeladenen Daten <i>EHYD</i>	14
4.5	Messdaten der Niederschlagsmessstation Unzmarkt	15
5.1	Ausgabedatei des Programmes <i>EXTREM</i> in Textform	18
5.2	Verteilungsdiagramm der Jährlichkeiten	20
6.1	Grafische Darstellung der Jährlichkeit (30)	25
6.2	Grafische Darstellung der Jährlichkeit (100)	26
6.3	Grafische Darstellung der Jährlichkeit (150)	27
9.1	Gemeinde Fohnsdorf, Lageplan	34
9.2	Geologische Karte der Gemeinde Fohnsdorf	35
10.1	Fohnsdorferbach und Winterbach, Lageplan	37
11.1	Regelganglinie	43
11.2	Trapezganglinie nach Zeller [15]	48

11.3	Ausweisung der Teileinzugsgebiete sowie der Abflusswerte	50
11.4	Systematische Vorgehensweise bei der Berechnung nach Zeller [15]	51
12.1	Aufnahmeblatt GPB	55
12.2	Photo des Homogenbereiches 1	56
12.3	Geschiebepotentialband des Winterbaches	58
13.1	Graphische Darstellung einer Ganglinie - 15min, $T_n = 150$	60
13.2	Datenblatt der Ganglinienberechnung - 15min, $T_n = 150$	61
14.1	Ausschnitt der Vermessung mit eingezeichneten Bruchkanten	64
14.2	Ausschnitt der Vermessung mit interpolierten Höhengichtlinien	64
14.3	Tabellenansicht der Volumsermittlung	66
15.1	Verschiedene <i>HydroSlide Abflussregler</i> der Firma Steinhardt [11]	69
15.2	Ein <i>HydroSlide VN Abflussregler</i> bei der Abnahme und im Ruhezustand .	70
15.3	Explosionsdarstellung eines <i>HydroSlide DR 1400 VN Abflussreglers</i> der Firma Steinhardt [12]	71
16.1	Lageplan - Übersicht der Bauwerke	76

Tabellenverzeichnis

4.1	Name und HZB-Nr. der verwendeten Messstationen	12
5.1	Verteilungsfunktionen die von <i>IWK-EXTREM</i> verwendet werden	19
5.2	Formelschreibweise der Verteilungsfunktionen	21
11.1	Abhängigkeit der Laufzeit von der Einzugsgebietsform	42
11.2	Die Bodenfeuchteklassen	45
11.3	<i>Klassifikation der Bodentypen hinsichtlich ihres Versickerungsvermögens für das SCS-Verfahren [7]</i>	45
11.4	CN-Werte für unterschiedliche Bedingungen	46
11.5	HQ-Werte	52
15.1	Addierte Volumenwerte für Variante I in [$m^3 * 10^3$]	73
15.2	Addierte Volumenwerte für Variante II in [$m^3 * 10^3$]	74

Literaturverzeichnis

- [1] Hydrologischer Atlas für Österreich
- [2] G. Skoda und P. Lorenz, „Hydrologischer Atlas Österreichs“, „erlblatt2-2.pdf“, März 2003
- [3] Wiener Mitteilungen, „Methoden der hydrologischen Regionalisierung“, Band 197, Wien 2006
- [4] Umweltinformation Steiermark des Landes Steiermark, „Klimaregionen der Steiermark“ <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/ziel/25206/DE> (Stand: 10.08.2006)
- [5] Webkartendienst des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)
<http://geoinfo.lfrz.at/website/egisroot/services/ehyd/viewer.htm> (Stand: 10.08.2006)
- [6] Dr.-Ing. Jürgen Ihringer, „Hochwasseranalyse und -berechnung – Anwenderhandbuch“, Karlsruhe 2002
- [7] o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. H.P. Nachtnebel, „Hydrologie“, Studienblätter, Wintersemester 2003/04
- [8] F. Konecny, „Statistik - für die Studienrichtung Kulturtechnik und Wasserwirtschaft“, Wien, 1999/2000

- [9] H.v.Waldow, „Einführung in die Geostatistik“ <http://www.geog.fu-berlin.de/~jkrywkw/harald/geostatistik/referat.html> #as-h2-2213 (Stand: 16.08.2006)
- [10] „Evangelista Torricelli“, aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie <http://de.wikipedia.org/wiki/EvangelistaTorricelli> (Stand: 21.09.2007)
- [11] Steinhardt Gmbh, „HydroSlide Abflussregler – Technische Unterlagen“, Stand: 07/07
- [12] Steinhardt Gmbh, „HydroSlide Vertikalregler – Montageanweisung“, Stand: 04/07
- [13] E. Ganahl, „Einfache empirische Verfahren zur Abflussberechnung“, Wien 2001
- [14] J. Bergthaler, „Anwendungsbereiche von Hochwasserformeln“, VZ WLV nummer nachschauen
- [15] J. Bergthaler, „Zemokost–Benutzerhandbuch, Version 1.1“, Institut für Lawinen- und Wildbachforschung, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald
- [16] Ing. W. Auinger, „Aktenvermerk vom 28.06.2005, Judenburg“, Wildbach– und Lawinenverbauung, Scheifling
- [17] OR Dipl.– Ing. P. Bartoleit „Gefahrenzonenplan Fohnsdorf, 1986“, Wildbach– und Lawinenverbauung, Scheifling
- [18] Pöyry Infra GmbH. „Handbuch GPB – Software zur Erstellung von Geschiebepotentialbändern“, Version 1.1
- [19] Prof. W. Loiskandl „Hydraulik I“, Version 04.1.1, Wien

Teil III

Anhang

.1 Datenblätter der Niederschlagsstationen

Jahresmaxima

Name: Wald am Schoberpaß

Jahr	Max TagesNS	
1971	35,5	868,30
1972	39	1216,60
1973	44	1138,10
1974	45,4	1159,40
1975	50	939,10
1976	32,4	953,90
1977	71,4	889,60
1978	41	792,80
1979	30	1024,50
1980	58	885,70
1981	45,4	1037,70
1982	45	1058,40
1983	46	899,50
1984	30	739,40
1985	77	1083,70
1986	35	972,70
1987	40,6	1028,80
1988	38,2	1148,10
1989	46,2	1315,90
1990	55,9	1261,40
1991	77,4	1507,90
1992	49,3	1245,30
1993	42	1283,90
1994	37,5	1070,10
1995	29,6	1150,90
1996	40,8	1268,60
1997	74	1436,30
1998	55,8	1379,00
1999	76,2	1285,70
2000	52,7	1325,50
2001	51,5	1240,80
2002	Lücke	
2003	Lücke	

Jahresmaxima

Name: Unzmarkt

Jahr		Max TagesNS	
1971		40	648,90
1972		38,2	773,20
1973		52,5	728,90
1974		41	614,30
1975		53,3	891,70
1976		51,5	680,20
1977		23,8	605,60
1978		39	610,60
1979		50,1	905,80
1980		48	689,00
1981		48	725,80
1982		33,5	791,50
1983		51	718,20
1984		30,8	619,00
1985		42,4	858,70
1986		34,3	746,80
1987		38,6	751,40
1988		44,6	659,80
1989		50,2	920,00
1990		44,3	894,80
1991		52,2	821,20
1992		28,3	683,90
1993		54,7	731,40
1994		48,5	739,70
1995		29,5	651,60
1996		45,2	776,80
1997		29,6	700,40
1998		48,2	825,40
1999		49,7	829,30
2000		35,3	923,00
2001		35,2	673,20
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Turracher Höhe

Jahr		Max TagesNS	
1998		56,8	1254,7
1999		54,2	1426,9
2000		52,4	1572
2001		58,7	1241,7
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: St.Johann am Tauern

Jahr		Max TagesNS	
1971		42,4	735,90
1972		42,1	902,20
1973		55,5	957,50
1974		36,2	823,50
1975		31,3	845,20
1976		48	823,10
1977		45,2	697,30
1978		52,1	741,50
1979		29,5	944,20
1980		41,2	708,10
1981		61,3	875,40
1982		30,1	861,60
1983		36,1	781,80
1984		30,1	622,50
1985		46,7	939,20
1986		33,1	682,50
1987		33,2	826,80
1988		32,4	895,60
1989		40,9	861,50
1990		41,9	939,00
1991		40,3	922,70
1992		42,1	897,00
1993		43,6	942,90
1994		26,5	779,20
1995		30,9	739,50
1996		58,3	1014,80
1997		40,9	995,70
1998		53,2	1018,70
1999		68,5	993,20
2000		35,5	1114,70
2001		36,6	932,50
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Seethal

Jahr		Max TagesNS
1971		36,3
1972		56
1973		65
1974		28,9
1975		46,9
1976		38,5
1977		36,1
1978		42,7
1979		46
1980		39,4
1981		75,9
1982		40,8
1983		38,5
1984		45
1985		55,5
1986		46,7
1987		37
1988		48,3
1989		59,5
1990		40,3
1991		45,3
1992		49,8
1993		55
1994		29,4
1995		27,5
1996		67
1997		56,5
1998		49,5
1999		48,5
2000		40
2001		53,5
2002		Lücke
2003		Lücke

Jahresmaxima

Name: Schöder

Jahr		Max TagesNS	
1971		46,2	583,60
1972		43,3	872,40
1973		57,1	748,50
1974		43,1	611,10
1975		38	895,70
1976		60,7	644,60
1977		27	613,70
1978		52,4	763,30
1979		40	869,10
1980		48,6	623,50
1981		53,4	684,90
1982		38,2	832,20
1983		31,6	698,10
1984		30,7	681,00
1985		34,8	849,40
1986		34,7	788,90
1987		29	740,00
1988		40,3	752,60
1989		43,3	842,50
1990		33,2	895,30
1991		48,4	847,90
1992		31,4	715,70
1993		47	892,50
1994		30,2	678,30
1995		23,8	676,00
1996		48,2	910,80
1997		32,6	712,00
1998		49,4	807,30
1999		40	786,70
2000		45,6	1017,50
2001		38	686,70
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Schmelz

Jahr		Max TagesNS	
1971		67	895,00
1972		52,6	1143,90
1973		84,4	1035,30
1974		28,8	690,60
1975		73,2	1030,00
1976		44,2	870,60
1977		37,2	881,90
1978		78,2	933,40
1979		62,4	1228,10
1980		83,2	1111,20
1981		65,6	986,80
1982		46,4	1173,40
1983		48,2	954,00
1984	fehlt		fehlt
1985	fehlt		fehlt
1986	fehlt		fehlt
1987		48,9	1125,80
1988		55,9	1063,50
1989		53,3	1306,20
1990		46,8	1196,90
1991		53,3	1199,40
1992		48,7	1023,00
1993		76,9	1080,00
1994		55,4	1090,20
1995		34,8	1112,00
1996		57,2	1173,90
1997		67	1128,30
1998		65,7	1165,20
1999		87,1	1352,80
2000		53,2	1458,10
2001		47,4	911,70
2002	Lücke		
2003	Lücke		

Jahresmaxima

Name: St.Nikolai im Sölketal

Jahr		Max TagesNS	
1971		41,9	914,10
1972		47,5	1173,40
1973		52,5	1400,20
1974		54,6	1209,90
1975		41,3	1218,10
1976		42,5	958,10
1977		38,5	970,00
1978		57,8	1048,80
1979		39,9	1321,20
1980		53,5	1096,70
1981		82,5	1144,20
1982		47,3	1138,20
1983		36,8	1033,00
1984		39,7	950,20
1985		56,5	1263,60
1986		35,5	1030,70
1987		45,9	1185,00
1988		43,7	1141,80
1989		40,4	1267,10
1990		47,4	1173,80
1991		55,4	1208,50
1992		48,6	1072,60
1993		45,5	1284,30
1994		31,6	1041,50
1995		29,7	930,70
1996		91,2	1260,80
1997		46,2	1145,00
1998		55,8	1198,80
1999		80,1	1198,60
2000		39,8	1380,40
2001		35,7	1166,20
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: St.Michael im Lungau

Jahr		Max TagesNS	
1971		30	544,00
1972		49	1013,30
1973		69,2	1080,40
1974		32,4	856,20
1975		68,6	1066,00
1976		29,4	701,60
1977		37,4	746,90
1978		39,5	811,10
1979		42,4	994,70
1980		67,4	842,30
1981		80,4	872,80
1982		59,6	877,60
1983		36,7	789,10
1984		39,2	752,90
1985		61,4	946,00
1986		40,2	777,90
1987		60,5	943,00
1988		57,7	817,70
1989		35	809,10
1990		49,2	997,50
1991		51,4	967,70
1992		47,7	820,50
1993		49,1	914,60
1994		42,1	659,50
1995		37,2	772,10
1996		116,5	977,40
1997		39	794,90
1998		51,5	758,10
1999		40,4	859,80
2000		40,7	1060,20
2001		32,4	770,30
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: St.Lambrecht

Jahr		Max TagesNS	
1971		61	739,20
1972		50,7	959,50
1973		74	903,30
1974		48,7	762,60
1975		60,7	1087,80
1976		49,3	733,50
1977		52,2	816,50
1978		49	844,30
1979		49,6	1008,10
1980		54	847,80
1981		56,2	716,30
1982		51,3	1002,90
1983		43,7	826,40
1984		30,4	778,30
1985		60,4	1050,80
1986		53,2	897,30
1987		36,9	890,90
1988		57,3	874,10
1989		67,5	1053,10
1990		44,2	1138,20
1991		62,4	990,00
1992		44,2	933,00
1993		80,3	894,20
1994		40,3	856,50
1995		63,9	829,40
1996		67,2	962,80
1997		41,6	884,10
1998		73,4	938,30
1999		60,3	941,20
2000		49,5	1274,30
2001		54,3	836,70
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: St. Wolfgang

Jahr		Max TagesNS	
1994		43,6	894,9
1995		32,4	886,8
1996		58,2	1072,5
1997		49,7	897
1998		56,2	999,3
1999		65,4	1127
2000		54	1146,2
2001		38,6	737,5
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Pusterwald-Hinterwinkel

Jahr	Max TagesNS	
1971	42,7	899,10
1972	46,3	1053,80
1973	52,3	1086,50
1974	38,7	950,00
1975	48	944,20
1976	42,7	891,10
1977	42,1	803,10
1978	47,4	865,00
1979	33,7	1193,50
1980	45	909,60
1981	63,7	1078,00
1982	44,5	1021,50
1983	38	1014,30
1984	39,6	866,40
1985	62,2	1185,40
1986	37,5	1001,90
1987	45,2	1073,70
1988	36,7	1113,90
1989	38,8	1216,00
1990	36,3	1153,30
1991	65,3	1201,50
1992	63	1183,90
1993	55,1	1144,00
1994	61,7	998,70
1995	26,1	925,90
1996	54,1	1219,20
1997	60,4	1223,30
1998	61,3	1308,60
1999	65,2	1237,60
2000	42,1	1555,20
2001	35	1139,00
2002	Lücke	
2003	Lücke	

Jahresmaxima

Name: Paal-Stadl

Jahr		Max TagesNS	
1974		36,2	
1975		53,8	960
1976		36,2	694,7
1977		37,2	638
1978		42,4	735,4
1979		52	977,4
1980		68,6	756,7
1981		55,8	705,7
1982		34,4	797,3
1983		47,4	787,3
1984		47,5	682,1
1985		34,6	853,8
1986		40,2	788
1987		45,2	860,6
1988		54,6	786,4
1989		35,6	859,7
1990		29,5	892,5
1991		36,2	865,3
1992		38,8	752,7
1993		59	861,3
1994		28,2	716,5
1995		28,4	675,7
1996		67,6	920,2
1997		38,4	781,6
1998		39,2	771,3
1999		33,5	834,5
2000		44,2	1075,1
2001		38,2	789,4
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Oberwözl

Jahr		Max TagesNS	
1971		47,6	647,30
1972		48,4	880,30
1973		66,7	718,90
1974		32,9	627,00
1975		48,2	825,70
1976		31,2	562,00
1977		22,6	577,00
1978		41,3	704,70
1979		27,5	740,60
1980		48,9	615,10
1981		48,5	683,30
1982		46,3	792,90
1983		42,2	684,50
1984		35,3	580,10
1985		35,9	787,40
1986		32,2	679,20
1987		30,2	725,70
1988		34,2	680,20
1989		46,2	856,70
1990		33,9	836,90
1991		46,8	789,80
1992		30,4	665,50
1993		52,3	824,20
1994		27,6	624,10
1995		24,1	604,40
1996		59,8	924,10
1997		57,9	741,80
1998		63,2	776,20
1999		53	845,50
2000		35,9	1030,80
2001		32,1	688,30
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Obdach

Jahr		Max TagesNS	
1971		71,2	673,80
1972		45	957,00
1973		68,4	860,00
1974		47,3	657,10
1975		63	902,60
1976		34,6	691,30
1977		44,4	671,70
1978		55,5	784,60
1979		75,3	1052,80
1980		79,3	798,50
1981		48	749,40
1982		52,3	912,30
1983		59,2	708,20
1984		56,6	730,80
1985		52,8	918,20
1986		51	782,40
1987		36,8	846,90
1988		59,5	718,10
1989		48,9	916,30
1990		42,6	862,40
1991		53	868,30
1992		37,4	772,10
1993		46,3	772,80
1994		30,8	750,90
1995		57,2	805,20
1996		37,6	863,90
1997		35,5	707,70
1998		40	823,00
1999		47,3	984,90
2000		48,2	945,40
2001		40	623,40
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Mautern

Jahr		Max TagesNS	
1971		40,1	756,40
1972		53	1255,20
1973		58,5	969,10
1974		50,8	966,30
1975		60	961,90
1976		53,3	972,70
1977		36	783,70
1978		54	742,90
1979		30	993,00
1980		45,7	773,30
1981		60,2	991,50
1982		55	1112,90
1983		52	998,90
1984		40,3	785,60
1985		68	1007,00
1986		48	871,70
1987		55	910,50
1988		40	913,40
1989		50	1091,90
1990		50	1059,50
1991		52,3	1168,20
1992		43	1027,20
1993		58,5	970,70
1994		45	846,40
1995		27,5	783,20
1996		42,8	1006,80
1997		45	1060,80
1998		96,5	1133,30
1999		69,7	961,60
2000		55,5	1137,40
2001		39,7	832,90
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Kraubath an der Mur

Jahr		Max TagesNS	
1971		56,7	692,80
1972		49,7	1025,90
1973		52	634,90
1974		43,8	640,60
1975		60	760,00
1976		27,4	656,60
1977		38,2	588,10
1978		30,1	512,20
1979		43,4	865,40
1980		44,8	590,60
1981		46,3	704,10
1982		29,4	816,60
1983		35,4	696,70
1984		46	592,90
1985		49	774,50
1986		49,5	740,90
1987		30	664,20
1988		47,6	642,70
1989		54	909,20
1990		29	789,40
1991		36	877,10
1992		50,6	768,30
1993		51,5	689,00
1994		68	668,60
1995		41,2	621,30
1996		35	768,20
1997		38,7	734,00
1998		29	759,80
1999		70	888,60
2000		47,4	904,10
2001		36	547,30
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Kleinlobming

Jahr	Max TagesNS	
1994	37,3	884,70
1995	48	889,60
1996	61,3	1024,40
1997	48,6	784,00
1998	50,5	908,10
1999	65,5	1203,20
2000	46,3	969,00
2001	35,6	752,40
2002	Lücke	
2003	Lücke	

Jahresmaxima

Name: Judenburg

Jahr		Max TagesNS	
1971		43	717,00
1972		54,7	1095,50
1973		68,6	876,00
1974		43,3	721,60
1975		65	1003,10
1976		37,7	665,30
1977		42,3	626,20
1978		39,7	724,40
1979		45,5	898,20
1980		101,5	859,90
1981		50,7	676,20
1982		52,8	1019,10
1983		57,4	763,50
1984		62,4	661,70
1985		50,5	917,00
1986		45,1	701,40
1987		28	697,00
1988		47,2	665,30
1989		45,2	809,10
1990		47,2	809,60
1991		48,6	796,10
1992		34,4	689,70
1993		63,8	696,10
1994		44,2	713,90
1995		52,4	806,80
1996		63	919,40
1997		39,8	692,70
1998		51	781,30
1999		58,3	906,00
2000		46,4	913,50
2001		36	646,80
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Ingering II

Jahr		Max TagesNS	
1971		71,6	794,60
1972		77,3	1197,90
1973		104	820,70
1974		46,8	727,40
1975		49,4	933,70
1976		36,7	673,20
1977		42,3	707,80
1978		42,2	713,70
1979		71,8	1060,00
1980		60	675,30
1981		55	736,70
1982		34	898,90
1983		54,3	696,20
1984		37,1	640,70
1985		48,4	892,30
1986		36,3	743,10
1987		36,1	794,90
1988		46,8	817,40
1989		76,1	927,30
1990		41,2	924,60
1991		33,7	890,70
1992		27,3	789,90
1993		54,2	771,00
1994		37,1	697,90
1995		32,1	764,30
1996		44,1	958,60
1997		72	884,20
1998		37,3	877,80
1999		71,8	962,70
2000		40,5	1012,70
2001		34,8	697,70
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Hohentauern

Jahr		Max TagesNS	
1971		39,3	1005,80
1972		44,8	1166,60
1973		49,6	1165,70
1974		45	1059,10
1975		63	1105,60
1976		42,6	1130,90
1977		41,9	921,00
1978		52,4	941,40
1979		39,7	1189,60
1980		45,1	991,70
1981		59,3	1159,80
1982		31	1074,30
1983		36,5	961,60
1984		31,3	892,80
1985		53,6	1121,80
1986		36,6	882,60
1987		42,8	1081,80
1988		43	1195,90
1989		44,3	1155,80
1990		48,3	1132,40
1991		54,5	1293,00
1992		44,2	1013,10
1993		55	1213,30
1994		40,2	1082,60
1995		26,3	1018,50
1996		65,6	1297,90
1997		43,3	1181,30
1998		46,5	1251,60
1999		68,2	1303,90
2000		56,5	1417,10
2001		37,3	1197,90
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Großlobming

Jahr	Max TagesNS	
1988	51,2	754,00
1989	67,2	954,70
1990	46,2	829,90
1991	71,9	908,80
1992	43,7	795,60
1993	55,1	752,80
1994	26,5	721,20
1995	38,6	788,10
1996	50,7	850,80
1997	45,2	697,30
1998	64,5	817,10
1999	63,1	934,10
2000	43,7	853,60
2001	36,4	655,20
2002	Lücke	
2003	Lücke	

Jahresmaxima

Name: Flattnitz

Jahr	Max TagesNS	
1971	40,4	815,90
1972	62	1271,10
1973	64,4	1078,70
1974	49,1	934,50
1975	53,2	1360,80
1976	50,1	1029,10
1977	43,1	1012,40
1978	42,9	1125,00
1979	52,1	1437,40
1980	104,3	1189,60
1981	71,6	1028,10
1982	63,3	1230,40
1983	54,3	898,40
1984	45,9	998,10
1985	56	1138,90
1986	60,7	1072,90
1987	62,6	1258,90
1988	87	1008,90
1989	49,4	1081,00
1990	51,5	1235,70
1991	46,9	1212,90
1992	51,8	1189,50
1993	64	1173,10
1994	49,3	1130,70
1995	88,3	1135,50
1996	91,4	1397,50
1997	53,4	1068,30
1998	78,7	1080,30
1999	59,8	1251,00
2000	68,7	1440,70
2001	40,2	983,90
2002	Lücke	
2003	Lücke	

Jahresmaxima

Messstelle: Breitenbach

Jahr		Max TagesNS	
1994		49,9	874,3
1995		64,4	902,5
1996		37	998,8
1997		42,8	879,3
1998		50,9	896,6
1999		66,8	1110
2000		49,5	945,8
2001		33,5	626
2002		Lücke	
2003		Lücke	

Jahresmaxima

Name: Grubegg Bad Mitterndorf

Jahr	Max TagesNS	niederschlagssumme
1971	52,2	895,90
1972	33	973,00
1973	49,2	1335,30
1974	55,2	1507,70
1975	48,2	1028,80
1976	55,4	1242,40
1977	89,6	1243,70
1978	42,2	1086,40
1979	61,2	1408,50
1980	39,5	1245,30
1981	73,3	1489,40
1982	43,4	1094,70
1983	45,4	1214,40
1984	44,5	1104,90
1985	64,7	1375,90
1986	50,3	1212,90
1987	44,6	1359,10
1988	76,4	1715,30
1989	36,7	1283,50
1990	34,7	1270,70
1991	50,3	1371,00
1992	70,6	1273,60
1993	44,3	1506,70
1994	49,7	1316,80
1995	48,2	1180,70
1996	81,6	1433,70
1997	66,3	1539,30
1998	46,9	1315,00
1999	39,9	1141,50
2000	37,8	1392,30
2001	40,1	1194,40
2002	Lücke	
2003	Lücke	

Station	30 jährig	100 jährig	150 jährig	NSa	maxNSa
Breitenbach	73,31	80,97	83,73	894,08	1110,00
Flattnitz	100,46	127,36	137,89	1127,85	1440,70
Großlobming	76,60	85,10	88,20	803,56	954,70
Hohentauern	73,60	84,74	88,47	1181,42	1772,00
Ingering II	88,38	110,66	120,19	862,77	1198,00
Judenburg	82,91	96,74	101,37	806,95	1096,00
Kleinlobming	69,89	76,37	78,71	917,81	1203,20
Kraubath	70,60	82,29	86,21	726,56	1026,00
Mautern	75,58	83,49	86,35	953,90	1255,20
Murau	83,59	97,85	102,63	859,98	1278,00
Neumarkt	79,36	90,67	94,91	819,28	1174,00
Noreia	103,55	140,49	155,61	874,56	1115,00
Obdach	78,62	92,33	97,02	829,10	1155,00
Oberwölz	64,27	71,67	74,03	747,91	1077,00
Oberzeiring	68,91	76,41	78,73	861,13	1155,00
Paal-Stadl	75,65	97,46	106,08	802,23	1075,10
Pusterwald	74,14	85,60	89,44	1068,07	1555,20
Sankt Johann	66,97	73,82	75,91	866,73	1170,00
Sankt Lambrecht	87,15	101,36	106,12	920,24	1274,30
Sankt Michael	94,55	122,70	133,23	848,63	1080,40
Sankt Nikolai	80,60	92,27	96,10	1172,41	1577,00
Sankt Wolfgang	68,31	72,38	73,56	960,90	1146,20
Schmelz	89,96	102,14	106,12	1070,85	1458,10
Schöder	63,68	72,41	75,25	772,43	1030,00
Seckau	73,19	85,07	89,04	813,07	1098,00
Seethal	69,99	78,35	81,05	834,89	1151,90
Turrach	60,77	62,20	62,70	1367,26	1572,00
Unzmarkt	56,82	59,95	60,86	743,33	1058,00
Wald am Schönbach	78,50	99,54	107,78	1116,46	1508,00

.2 Kopie des Aktenvermerks vom 28.06.2005

Baubezirksleitung Judenburg - Referat Wasserwirtschaft

AKTENVERMERK

Ggst.: Hochwasserschutz, Gemeinde Fohnsdorf,
Fohnsdorferbach (Fohnsdorfer Ortsgraben) –
Wintergrabenbach – Hetzendorferbach
und Fohnsdorferbach – Ost

Anwesende:

Ing. Wolfgang Auinger, für die BBL Judenburg
Ing. Herbert Hilscher, WLW – Gebietsbauleitung Scheifling

Als Grundlage für die heutige Zusammenkunft wird der Gefahrenzonenplan des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Steiermark, Gebietsbauleitung Oberes Murtal – Scheifling aus dem Jahre 1986 für die Gemeinde Fohnsdorf herangezogen.

Der Fohnsdorferbach entspringt nördlich des Gemeindeamtes Fohnsdorf und besitzt ein Einzugsgebiet von 2,3 km² (HQ₁₅₀, 21 m³ und Geschiebepotential 5.200 m³. Im Oberlauf wurde in den Jahren 1950 bis 1957 der Fohnsdorferbach einer Regulierung unterzogen. In diesem Bauvorhaben sind Ufersicherungen sowie Sohlstabilisierungen mit Steinsperren errichtet worden. Auf Höhe des Grundstückes Nr. 690/9 (siehe beiliegender Lageplan) wird der Fohnsdorferbach in ein überdecktes Gerinne eingeleitet. Dieses führt größtenteils im Gehsteigbereich Richtung Süden – Ortsmitte – Gemeindeamtzentrum. Auf Höhe der Schulgasse wird der Winterbach - ebenfalls verrohrt – dem Fohnsdorferbach zugeführt. In weiterer Folge wird eine Ableitung über die Landstraße Richtung Osten Rattenberg – Dinsendorf geführt. Südlich des Hauptplatzes kommt es zu einer weiteren Abzweigung des Fohnsdorferbaches, wo einerseits eine Verrohrung über die Grazerstraße und das bestehende Gerinne weiter über die Judenburgerstraße Richtung Hetzendorf führt. Die Verrohrung – Grazerstraße wird südöstlich der Bahnstrecke Zeltweg-Pöls in ein freies Erdgerinne eingeleitet. Dieses Erdgerinne führt entlang der Landesstraße – Aichdorf zum Schlackenhaufen, wo der Bachlauf zur Versickerung gelangt. Das Gerinne nach Hetzendorf führt entlang der Landesstraße nach Hetzendorf (Judenburgerstraße) und mündet ebenfalls südlich dem Schlackenhaufen in die dort befindliche Wald-Wiesenfläche, wo der Bach schließlich versickert. Das östlich abgeleitete Gerinne ist bis Ende der Ortstafel Fohnsdorf verrohrt und wird folgend über ein Erdgerinne Richtung Aichdorf abgeleitet. Nach einer Freilaufstrecke mündet der sogenannte Ostteil des Fohnsdorfer Gerinnes wieder in eine

bestehende Verrohrung, die laut Angabe bis nach Aichdorf reicht und im dortigen Ortsteil in den Pölsfluss mündet.

Die heutige Zusammenkunft mit dem Vertreter der WLW – Gebietsbauleitung Scheifling hat den Zweck, den Ortsteil Fohnsdorf einem Hochwasserschutz zu unterziehen. Es ist aber notwendig, dass sich beide Dienststellen WLW und Bundeswasserbauverwaltung diesem Problem annehmen und gemeinsam ein Projekt ausarbeiten, damit das Ziel Hochwasserschutz auch erreicht wird.

Die WLW plant, den Oberlauf einem Ausbau zu unterziehen, der bis zur Betreuungsgrenze reichen wird. Von dieser Grenze aus ist es jedoch notwendig, dass die Bundeswasserbauverwaltung diese Baumaßnahme fortführt. Die Baumaßnahmen wären:

Oberlauf - Fohnsdorferbach:

Ausbau mittels Geschiebesortiersperren, Aufweitung – Regulierung des bestehenden Bachprofiles. Ab dem überdeckten Bereich wäre eine Öffnung des Bachlaufes bzw. eine Erneuerung des Querschnittes des Fohnsdorferbaches bis zur Betreuungsgrenze anzustreben.

Unterlauf – Fohnsdorferbach:

Öffnung des überdeckten Bereiches bzw. Erneuerung des Querschnittes des Fohnsdorferbachgerinnes. Fortführung der Querschnittvergrößerung bis nach Hetzendorf, wo schlussendlich der Bachlauf versickert. Die anderen Gerinneabschnitte (Fohnsdorferbach-Ost, Fohnsdorferbach – Richtung Aichdorf) wären einer Sanierung zu unterziehen.

Wintergrabenbach:

Der gesamte Wintergrabenbach liegt im Betreuungsbereich der WLW – Gebietsbauleitung Scheifling und besitzt ein Einzugsgebiet von 1,1 km² (HQ₁₅₀, 14 m³/s, Geschiebepotential 2.500 m³).

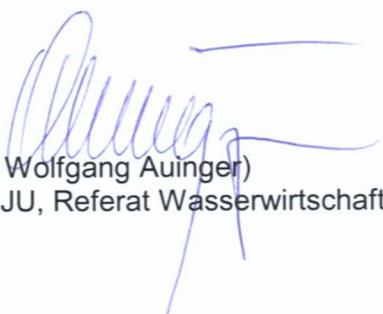
Dieser Teilbereich ist ebenfalls einem kompletten Ausbau zu unterziehen, damit die Gesamtsituation mit dem Fohnsdorferbach saniert bzw. einem Hochwasserschutz zugeführt wird. Für diesen Bach sind als Baumaßnahmen Geschiebesortiersperren, Aufweitung – Regulierung des bestehenden Bachprofiles und für den überdeckten Bereich eine Öffnung des Bachlaufes bzw. eine Erneuerung des Querschnittes bis Einmündung Fohnsdorferbach anzustreben.

Für die vorgenannten Baumaßnahmen werden geschätzte Kosten von ca. 5 Mio € beanschlagt (keine genaue Kostenschätzung).

Die Durchführung des Ausbaues Hochwasserschutz Fohnsdorferbach mit Winterbach und Sanierung der Bachgerinne im Betreuungsbereich Bundeswasserbauverwaltung wäre in mehreren Bauabschnitten möglich bzw. durchzuführen.

Weitere Vorgangsweise:

- Der gegenständlich verfasste AV wird der Gemeinde Fohnsdorf zur Kenntnis gebracht.
- Zusätzlich sind Erhebungen über den genauen Verlauf der verrohrten Gerinnestrecken sowie Aufzeichnungen über den baulichen Zustand der bestehenden Gerinne einzuholen.
- Seitens der Gemeinde Fohnsdorf wäre ein Antrag für weitere Projektierungen eines Gesamtprojektes „Hochwasserschutz – Fohnsdorfer-Winterbach“ an die zuständigen Förderstellen einzubringen.
- Nach Vorliegen des vorgenannten Antrages seitens der Gemeinde Fohnsdorf und der angegebenen Erhebungsunterlagen wäre eine weitere Besprechung mit den Interessenten Gemeinde Fohnsdorf und Bundesstraßenbauverwaltung sowie den Vertretern der Förderstellen, Wildbach- und Lawinerverbauung, Sektion Steiermark und Bundeswasserbauverwaltung – Fachabteilung 19B zu terminisieren.



(Ing. Wolfgang Auinger)
BBL JU, Referat Wasserwirtschaft



(Ing. Herbert Hilscher)
(WLV – Gebietsbauleitung Scheifling)

Anlage:
Kopie Gefahrenzonenplan Fohnsdorf
der WLV aus dem Jahre 1986
(M 1 : 2.880)

Judenburg, am 28.06.2005



.3 Volumsberechnung – Tabellen

Einzelflächen Retentionsraum Winterbach (Urgelände)

Länge	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	5,00	0,00	95,00
Teilfläche	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5	Profil 6	Profil 7	Profil 8	Profil 9	Profil 10	Profil 11	Summe			
14	39,6340	43,139	33,7120	29,6910	28,5010	28,3550	31,0370	23,8690	19,8170	16,8550		294,6100			
13	37,2950	35,0850	30,9390	26,7520	26,0530	25,4820	27,9110	20,0820	17,0860	14,4100		261,0950			
12	34,7970	32,7220	28,1700	24,0610	23,6840	22,3470	24,6670	16,7640	14,1710	11,4080		232,7910			
11	32,2990	30,3630	25,4620	21,2140	21,5070	19,2240	21,5200	13,9320	11,6310	8,9940		206,1460			
10	29,8730	28,0500	22,8110	18,8380	19,2020	16,5980	18,3910	11,6450	9,2700	6,6260		181,3040			
9	27,4500	25,5580	20,1600	16,5880	16,6420	14,2650	15,0580	9,3650	6,5380	1,8650		153,4900			
8	25,0270	22,9460	17,5090	14,3680	13,3020	12,1060	11,8110	7,0020	2,9200			126,9910			
7	22,6050	20,3200	15,8580	12,1470	10,7130	9,9330	7,8470	3,1110	0,0340			102,5680			
6	20,1660	17,6690	12,3040	9,9260	8,3750	7,4640	2,7470					78,6510			
5	17,3970	15,0040	10,1470	7,7090	6,0360	3,0240						59,3170			
4	14,5110	12,4490	8,0810	5,6030	1,7610							42,4050			
3	11,8490	8,7680	5,9880	2,0750								28,6800			
2	7,6370	5,7110	1,9040									15,2520			
1	3,2890	1,1060										4,3950			
Summe	323,8290	298,8900	233,0450	188,9730	175,7760	158,7980	160,9890	105,7700	81,4670	60,1580	0,0000	1787,6950			

Teilvolumen	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5	Profil 6	Profil 7	Profil 8	Profil 9	Profil 10	Profil 11	Summe
14	396,3400	431,3900	337,1200	296,9100	285,0100	283,5500	310,3700	238,6900	198,1700	84,2750	0,0000	2881,8250
13	372,9500	350,8500	309,3900	267,5200	260,5300	254,8200	279,1100	200,8200	170,8600	72,0500	0,0000	2538,9000
12	347,9700	327,2200	281,7000	240,6100	236,8400	223,4700	246,6700	167,6400	141,7100	57,0400	0,0000	2270,8700
11	322,9900	303,6300	254,6200	212,1400	215,0700	192,2400	215,2000	139,3200	116,3100	44,9700	0,0000	2016,4900
10	298,7300	280,5000	228,1100	188,3800	192,0200	165,9800	183,9100	116,4500	92,7000	33,1300	0,0000	1779,9100
9	274,5000	255,5800	201,6000	165,8900	166,4200	142,6500	150,5800	93,6500	65,3800	9,3250	0,0000	1525,5750
8	250,2700	229,4600	175,0900	143,6800	133,0200	121,0600	118,1100	70,0200	29,2000	0,0000	0,0000	1269,9100
7	226,0500	203,2000	158,5800	121,4700	107,1300	99,3300	78,4700	31,1100	0,3400	0,0000	0,0000	1025,6800
6	201,6600	176,6900	123,0400	99,2600	83,7500	74,6400	27,4700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	786,5100
5	173,9700	150,0400	101,4700	77,0900	60,3600	30,2400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	593,1700
4	145,1100	124,4900	80,8100	56,0300	17,6100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	424,0500
3	118,4900	87,6800	59,8800	20,7500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	286,8000
2	76,3700	57,1100	19,0400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	152,5200
1	32,8900	11,0600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	43,9500
Summe	3238,2900	2988,9000	2330,4500	1889,7300	1757,7600	1587,9800	1609,8900	1057,7000	814,6700	300,7900	0,0000	17576,1600

Einzelflächen Retentionsraum Winterbach

Länge	5,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	5,00
Teilfläche	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5	Profil 6	Profil 7	Profil 8	Profil 9	Summe
A	33,5083	28,2912	28,0932	25,5377	22,7201	18,8768	16,7461	13,1524	13,1524	173,5153
B	28,1372	26,4129	25,7072	23,0788	20,1498	16,5674	14,1906	9,6357	9,6357	150,9523
C	25,6089	23,6801	23,3840	20,6093	17,5067	14,2402	11,1771	7,3730	7,3730	125,6494
D	22,8955	21,2412	19,6938	18,0921	14,9244	11,8400	7,0706	4,9459	4,9459	95,6638
E	19,7920	18,4296	16,9616	14,0924	12,1862	7,9356	3,7284	1,2690	1,2690	64,3125
F	16,7068	15,4063	13,9898	9,2556	6,4962	2,1469	0,3109	0,0000	0,0000	41,7226
G	13,6216	12,3825	9,9312	4,5235	1,2638	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	26,0167
H	10,6724	9,2752	5,1233	0,9458	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	13,1279
I	7,7706	4,0504	1,3069	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,4156
J	2,1453	0,2703	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	693,3761
Summe	180,8586	159,4397	144,1910	116,1352	95,2472	71,6069	53,2237	36,3760	36,3760	

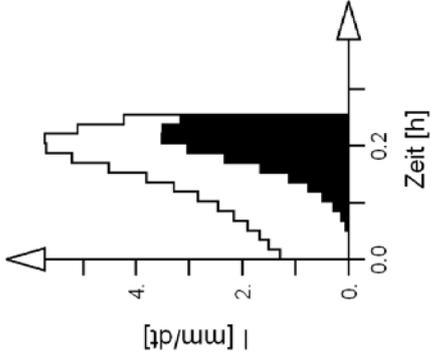
80,00

Teilvolumen	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5	Profil 6	Profil 7	Profil 8	Profil 9	Summe
A	167,5415	282,9120	280,9320	255,3770	227,2010	188,7680	167,4610	131,5240	65,7620	1767,4785
B	140,6860	264,1290	257,0720	230,7880	201,4980	165,6740	141,9060	96,3570	48,1785	1546,2885
C	128,0445	236,8010	233,8400	206,0930	175,0670	142,4020	111,7710	73,7300	36,8650	1344,6135
D	114,4775	212,4120	196,9380	180,9210	149,2440	118,4000	70,7060	49,4590	24,7295	1117,2870
E	98,9600	184,2960	169,6160	140,9240	121,8620	79,3560	37,2840	12,6900	6,3450	851,3330
F	83,5340	154,0630	139,8980	92,5560	64,9620	21,4690	3,1090	0,0000	0,0000	559,5910
G	68,1080	123,8250	99,3120	45,2350	12,6380	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	349,1180
H	53,3620	92,7520	51,2330	9,4580	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	206,8050
I	38,8530	40,5040	13,0690	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	92,4260
J	10,7265	2,7030	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	13,4295
summe	904,2930	1594,3970	1441,9100	1161,3520	952,4720	716,0690	532,2370	363,7600	181,8800	7848,3700

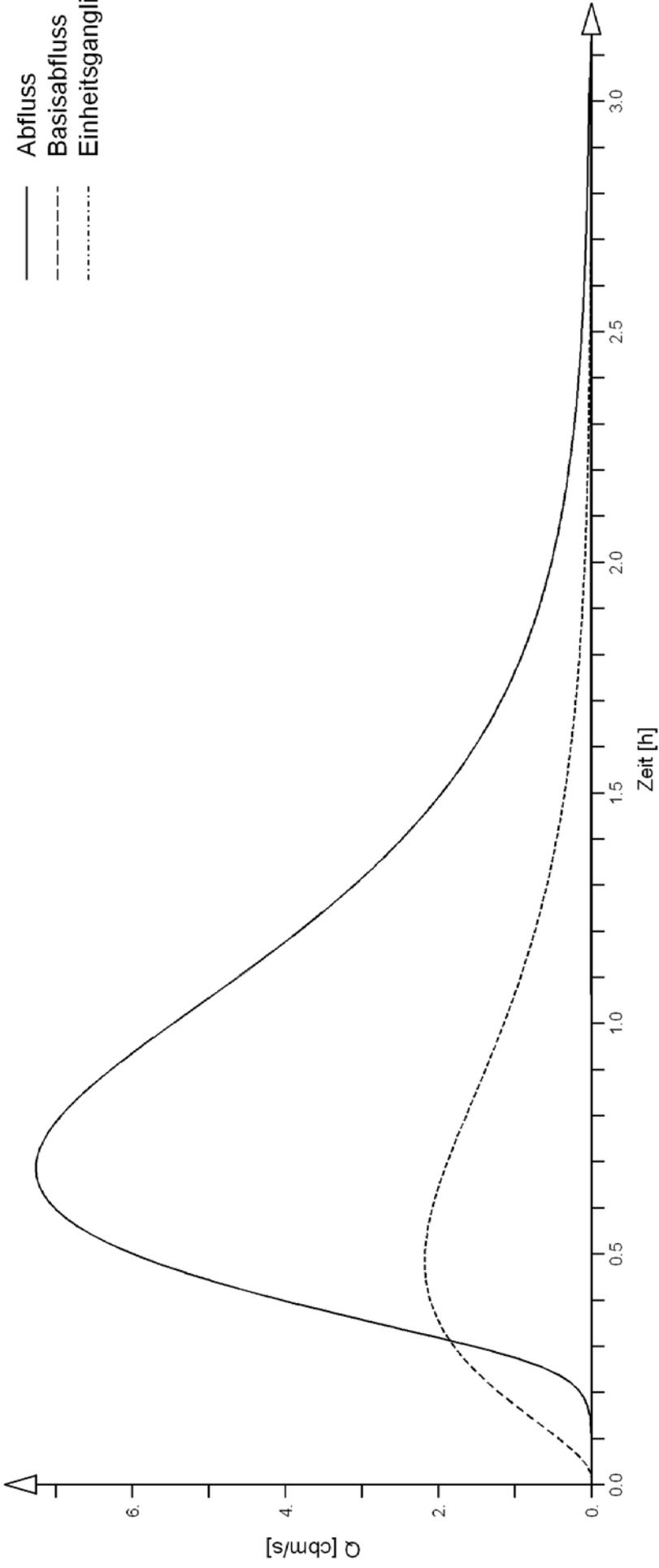
.4 Datenblätter und Graphiken der Ganglinien

Winterbach gesamtes EZ

$T_n=150, D=15\text{min}$



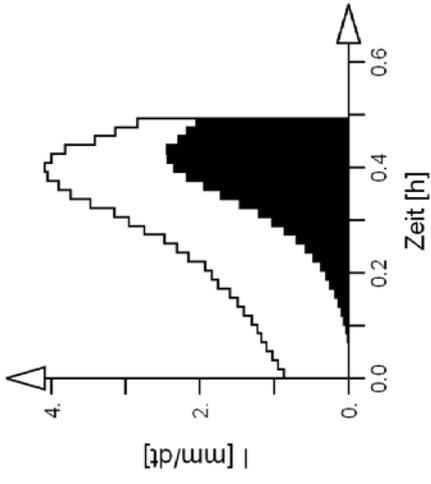
— Niederschlag
— eff. Niederschlag



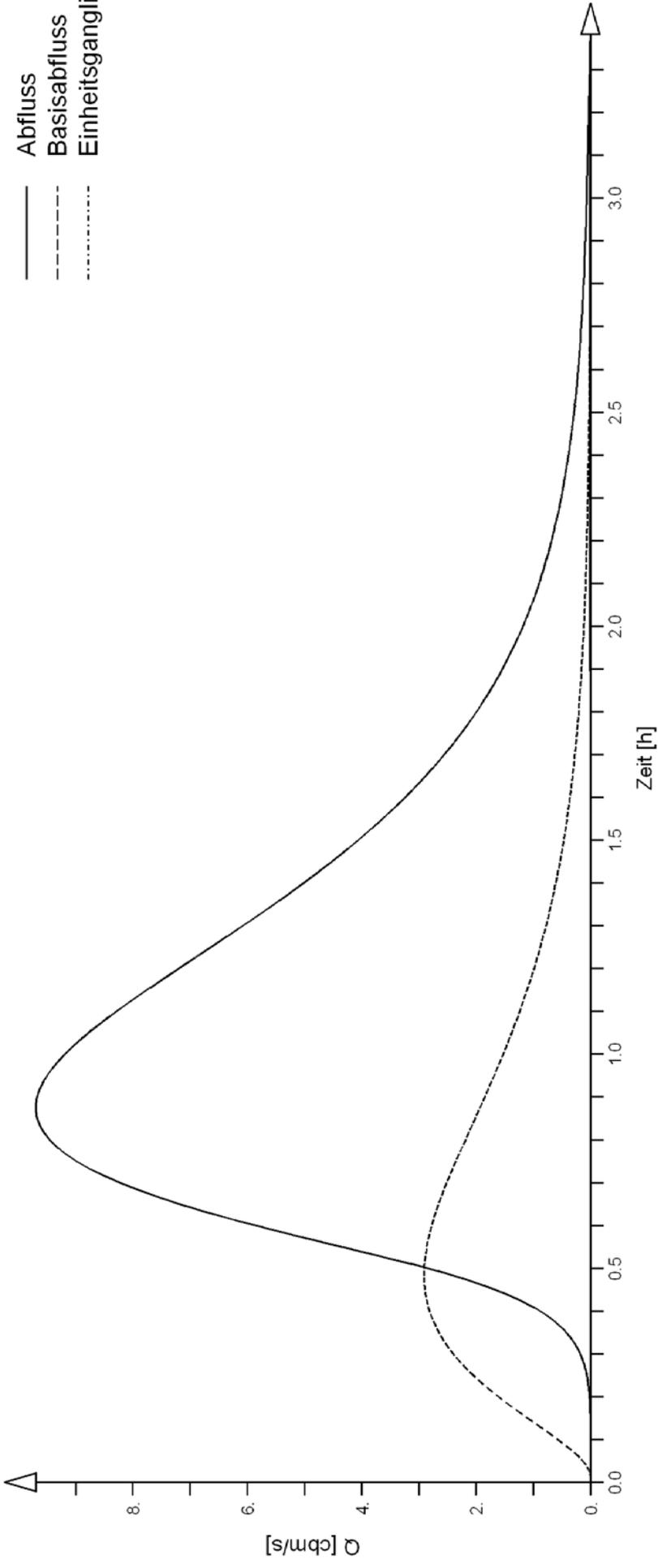
— Abfluss
- - - Basisabfluss
· · · · · Einheitganglinie

Winterbach gesamtes EZ

$T_n=150, D=30\text{min}$



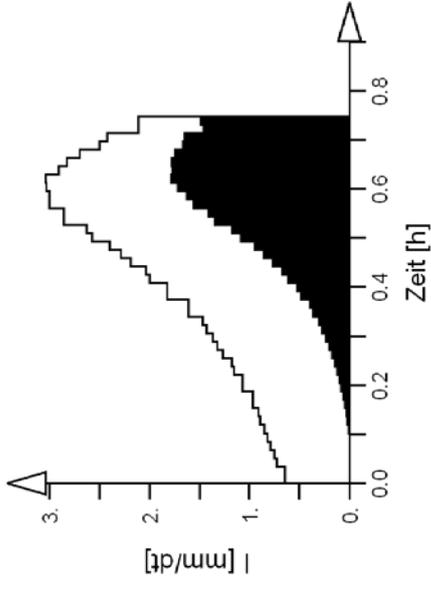
— Niederschlag
— eff. Niederschlag



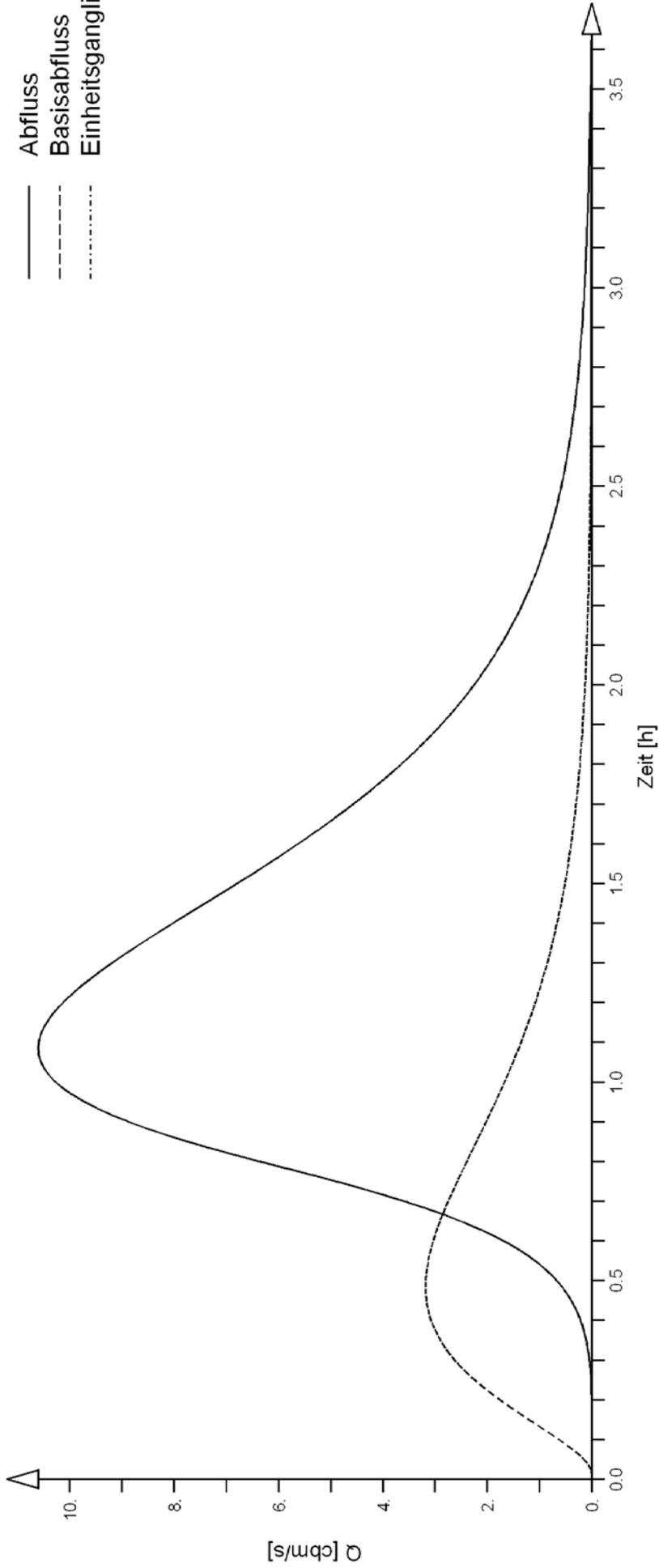
— Abfluss
- - - Basisabfluss
... Einheitsganglinie

Winterbach gesamtes EZ

$T_n=150, D=45\text{min}$



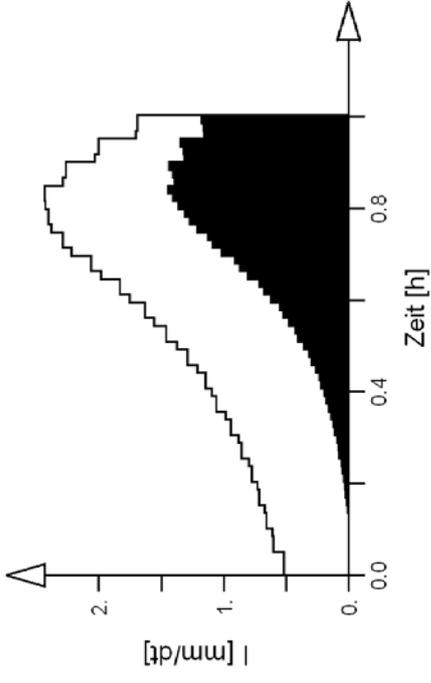
— Niederschlag
— eff. Niederschlag



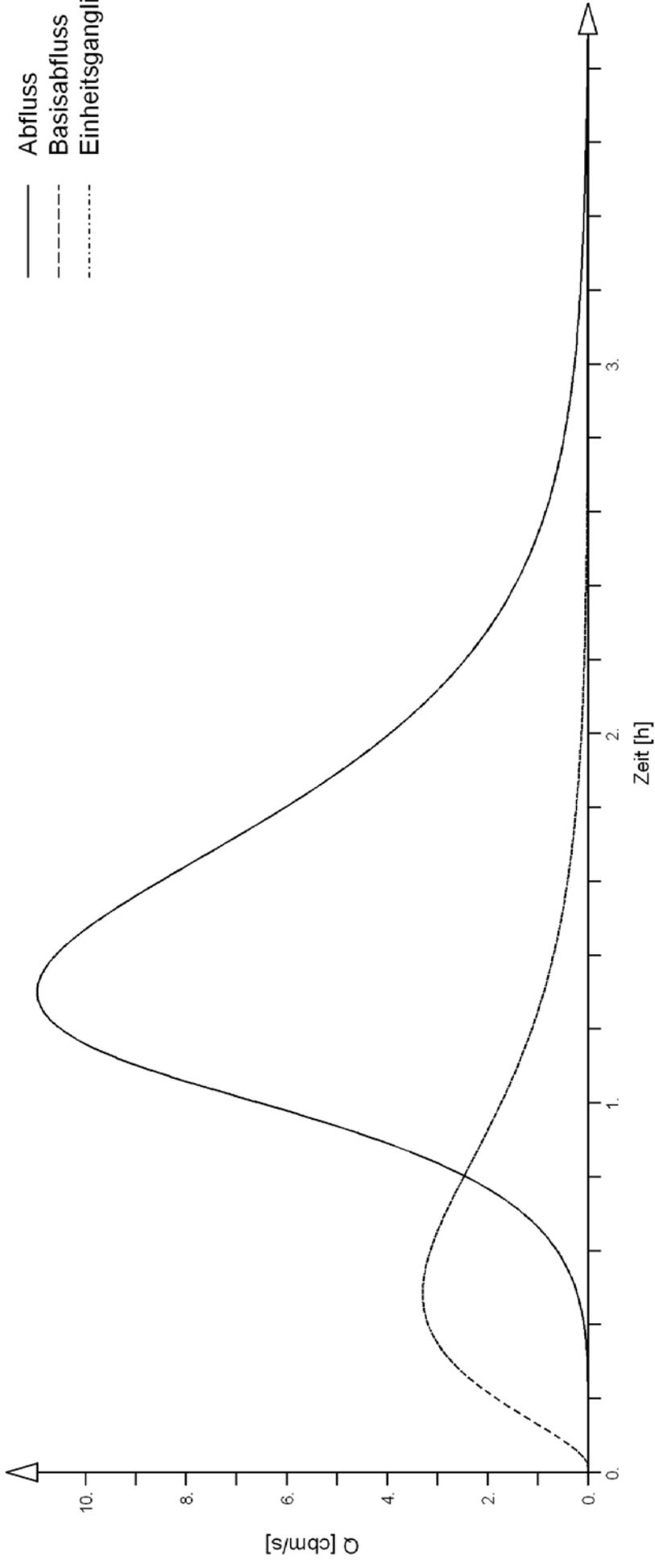
— Abfluss
- - - Basisabfluss
· · · Einheitsganglinie

Winterbach gesamtes EZ

$T_n=150, D=1h$



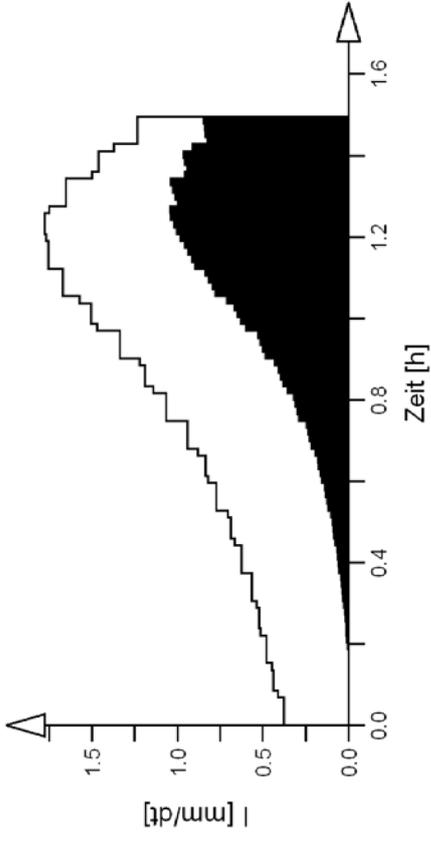
— Niederschlag
— eff. Niederschlag



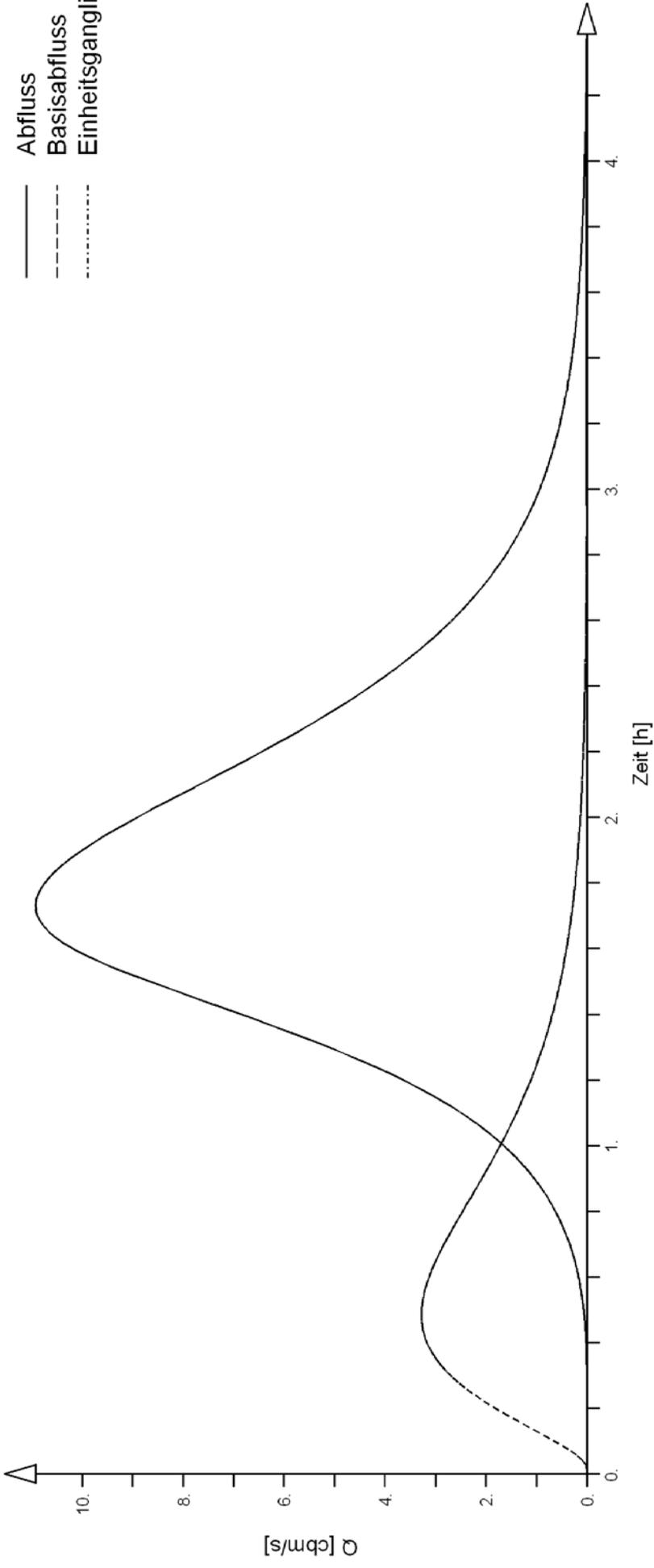
— Abfluss
- - - Basisabfluss
- · - · - Einheitsganglinie

Winterbach gesamtes EZ

$T_n=150, D=1,5h$



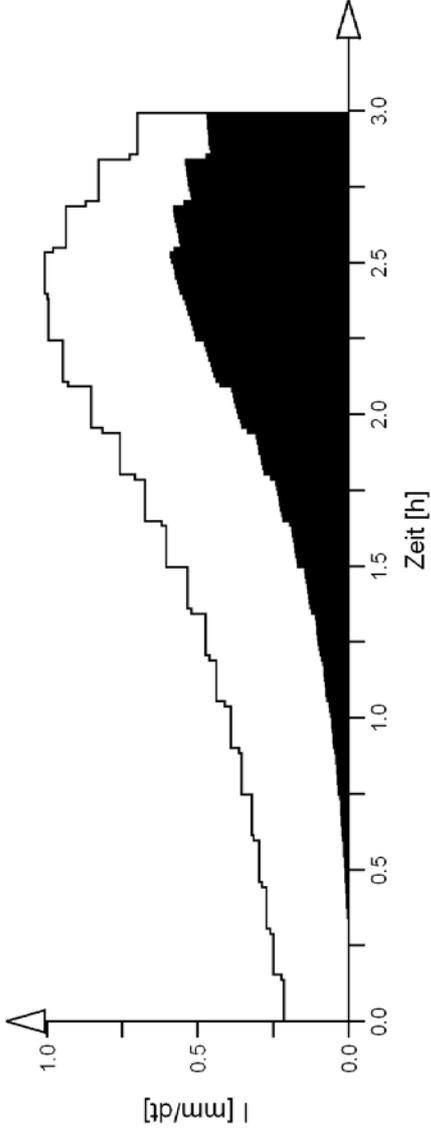
— Niederschlag
— eff. Niederschlag



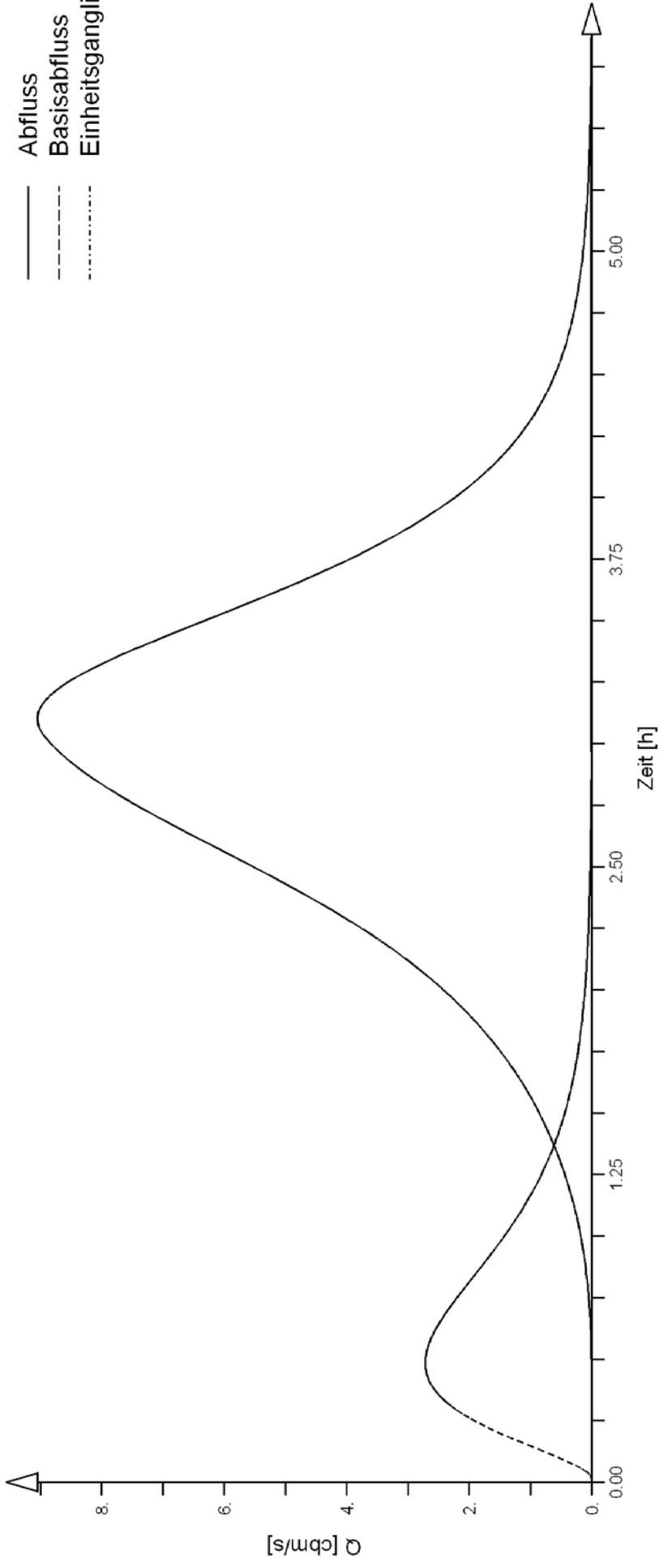
— Abfluss
- - - Basisabfluss
· · · · · Einheitsganglinie

Winterbach gesamtes EZ

$T_n=150, D=3h$



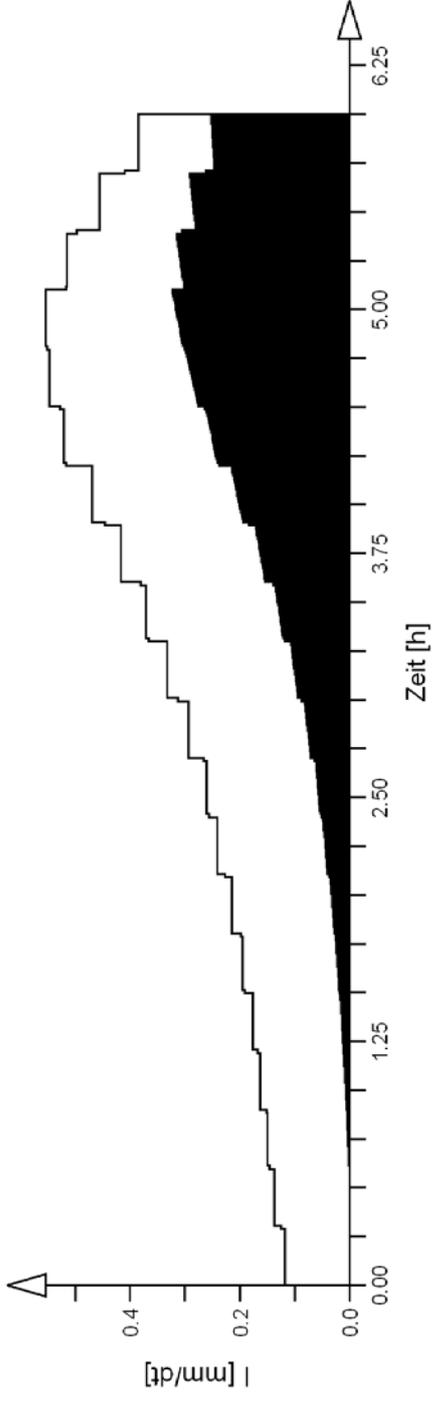
— Niederschlag
— eff. Niederschlag



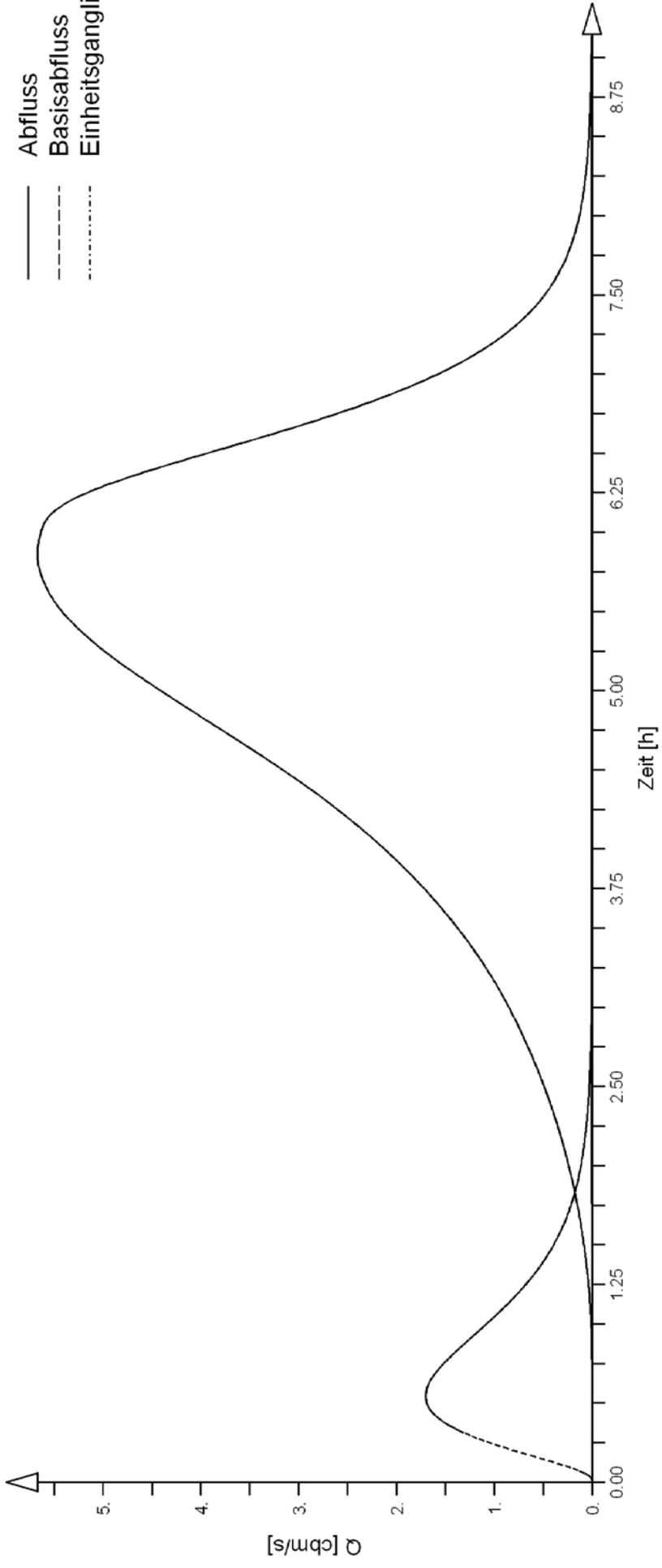
— Abfluss
- - - Basisabfluss
... Einheitsganglinie

Winterbach gesamtes EZ

$T_n=150, D=6h$



— Niederschlag
— eff. Niederschlag



— Abfluss
- - - Basisabfluss
· · · · · Einheitsganglinie

.5 Photos



diplarbeit-00003



diplarbeit-00004



diplarbeit-00005



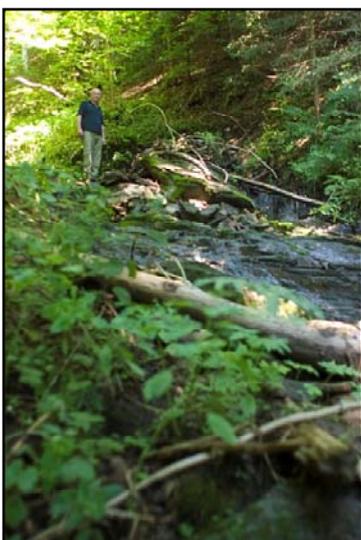
diplarbeit-00006



diplarbeit-00007



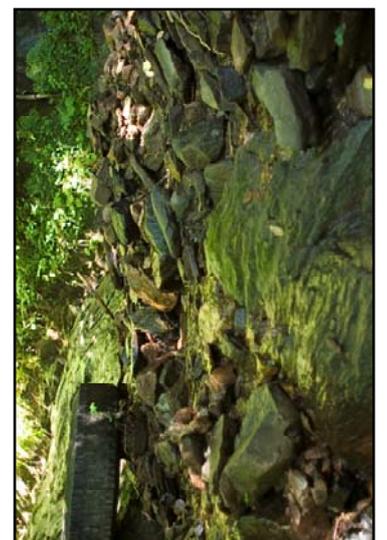
diplarbeit-00008



diplarbeit-00009



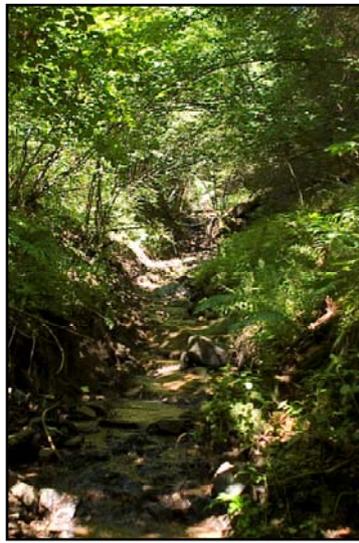
diplarbeit-00010



diplarbeit-00011



diplarbeit-00012



diplarbeit-00013



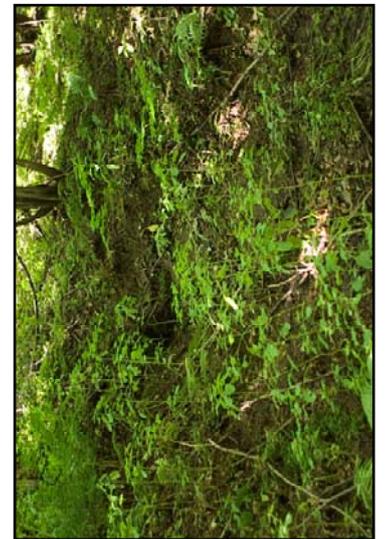
diplarbeit-00014



diplarbeit-00015



diplarbeit-00016



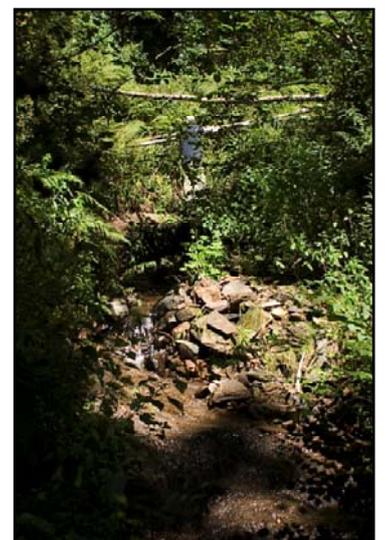
diplarbeit-00017



diplarbeit-00018



diplarbeit-00019



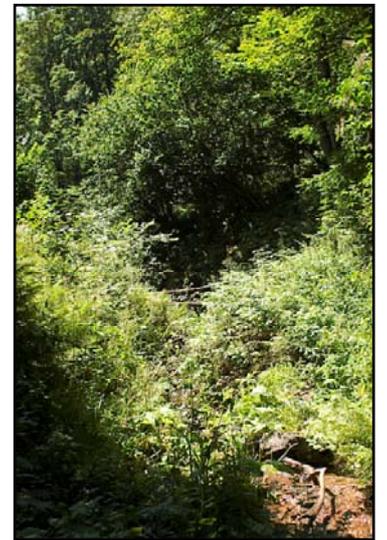
diplarbeit-00020



diplarbeit-00021



diplarbeit-00022



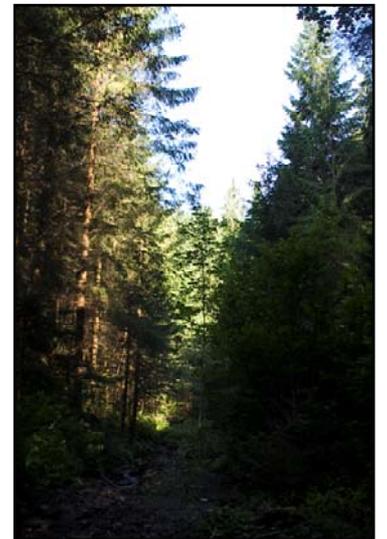
diplarbeit-00023



diplarbeit-00024



diplarbeit-00025



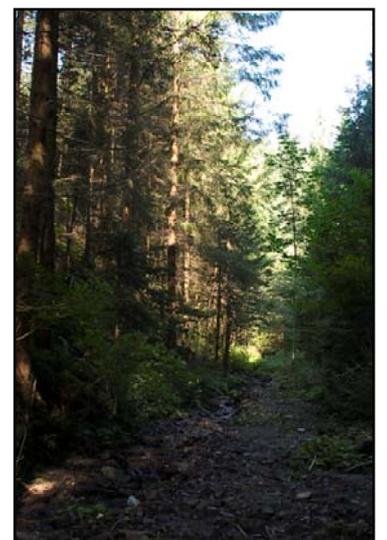
diplarbeit-00026



diplarbeit-00027



diplarbeit-00028



diplarbeit-00029



diplarbeit-00030



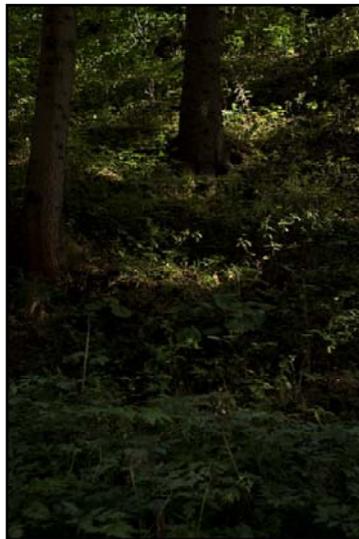
diplarbeit-00031



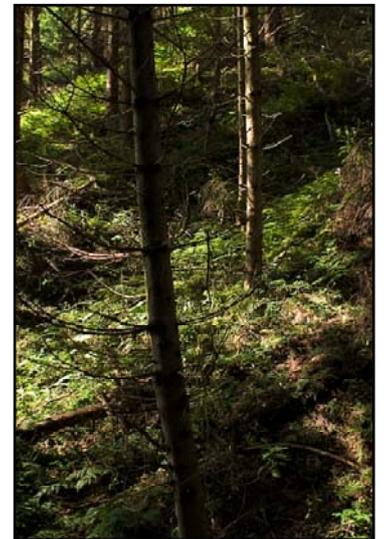
diplarbeit-00032



diplarbeit-00033



diplarbeit-00034



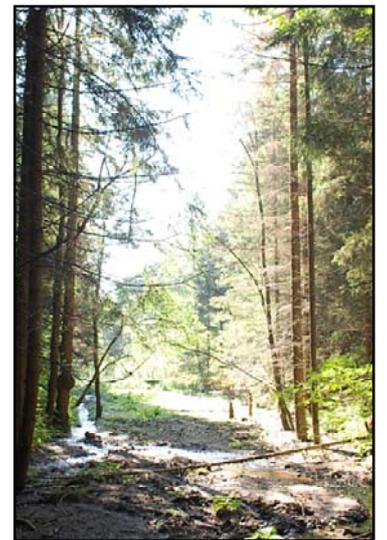
diplarbeit-00035



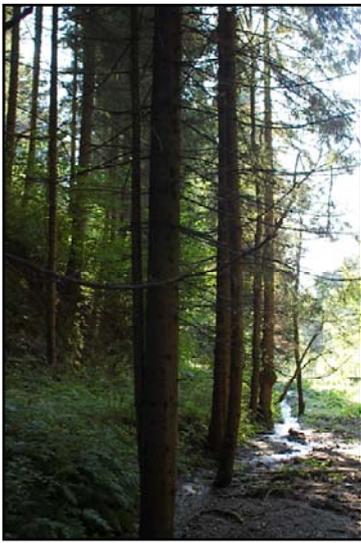
diplarbeit-00036



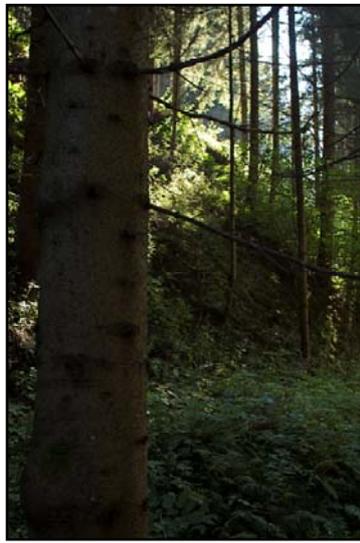
diplarbeit-00037



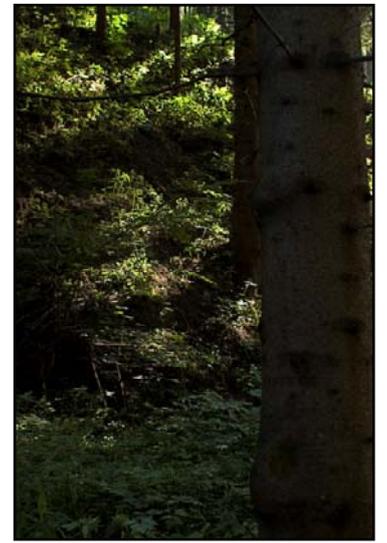
diplarbeit-00038



diplarbeit-00039



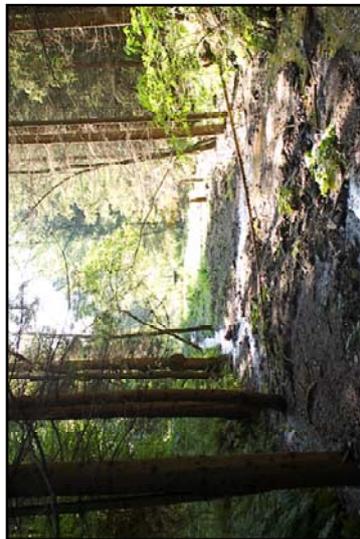
diplarbeit-00040



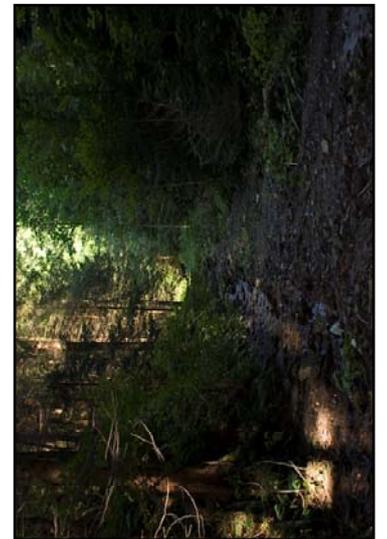
diplarbeit-00041



diplarbeit-00042



diplarbeit-00043



diplarbeit-00044



diplarbeit-00045



diplarbeit-00046



diplarbeit-00047



diplarbeit-00048



diplarbeit-00049



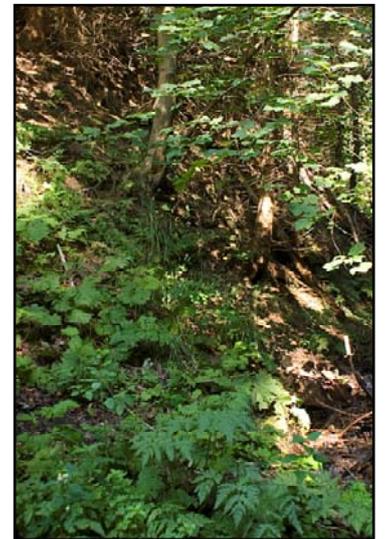
diplarbeit-00050



diplarbeit-00051



diplarbeit-00052



diplarbeit-00053



diplarbeit-00054



diplarbeit-00055



diplarbeit-00056



diplarbeit-00057



diplarbeit-00058



diplarbeit-00059



diplarbeit-00060



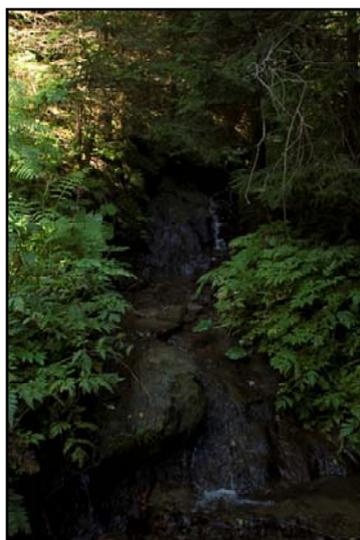
diplarbeit-00061



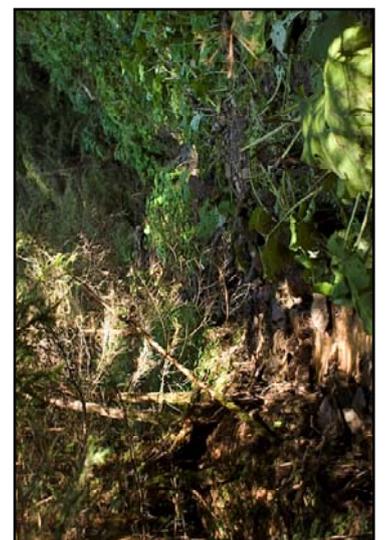
diplarbeit-00062



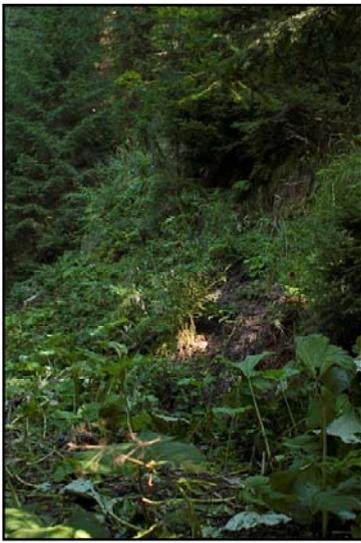
diplarbeit-00063



diplarbeit-00064



diplarbeit-00065



diplarbeit-00066



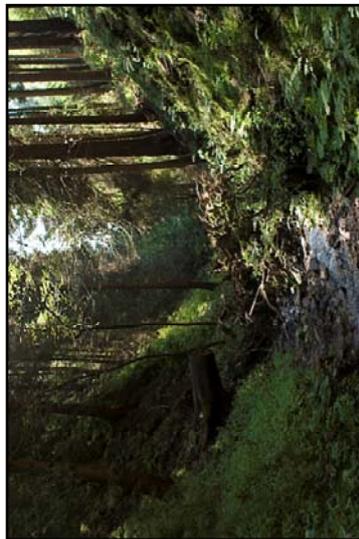
diplarbeit-00067



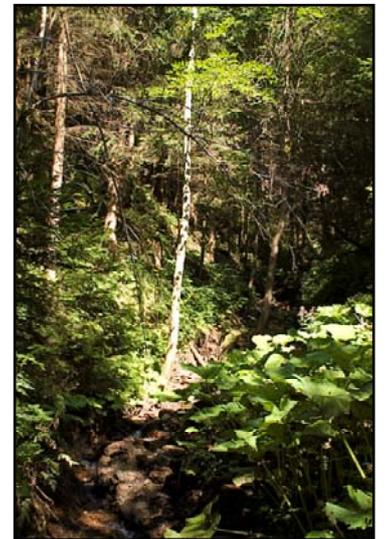
diplarbeit-00068



diplarbeit-00069



diplarbeit-00070



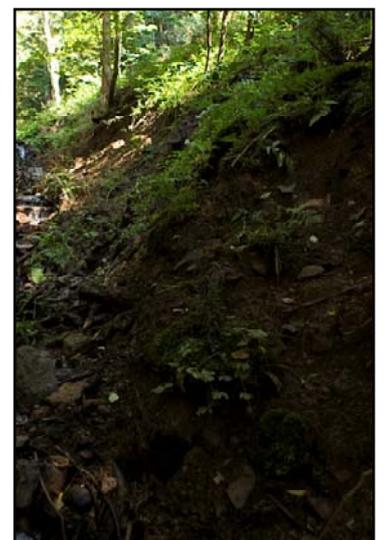
diplarbeit-00071



diplarbeit-00072



diplarbeit-00073



diplarbeit-00074



diplarbeit-00075



diplarbeit-00076



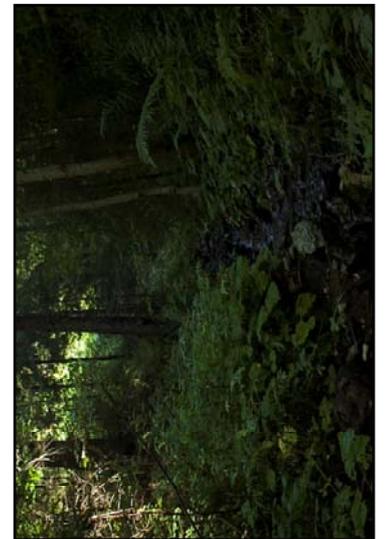
diplarbeit-00077



diplarbeit-00078



diplarbeit-00079



diplarbeit-00080

.6 Pläne der Variante I