Hydrologische Modellierung für die Planung und Durchführung von erweiterten Hochwasserschutzmaßnahmen am Goiserer Weißenbach

MICHAEL KOLLERSBERGER

DIPLOMARBEIT

eingereicht am Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien.

bei Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn Hübl Johannes

in Wien

im Oktober 2009

© Copyright 2009 Michael Kollersberger Alle Rechte vorbehalten

Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus anderen Quellen entnommenen Stellen als solche gekennzeichnet habe.

Wien, am 16. Oktober 2009

Michael Kollersberger

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie (Manfred, Margit und Philipp Kollersberger), die mir die Möglichkeit gegeben hat, eine universitäre Einrichtung zu besuchen.

Ich möchte ich mich bei meinen engen Freunden, die mir immer, in schönen wie auch in schwierigen Zeiten, zur Seite gestanden sind, bedanken. Hier seien genannt: Katharina Diwold, Erich Lunzer, Franz Böck, Karma Heiss, Michael Paier, Marco Hochmair, Andreas Leitner, Stefan Mayerhofer, Martin Witzlsteiner, Daniela Orlik und Elke Spitzer

Ein großes Dankeschön gilt meinen Betreuern Christian Pürstinger und Michael Schiffer (Wildbach- und Lawinenverbauung), Michael Chiari, Reinhold Totschnig sowie Johannes Hübl (Institut für Alpine Naturgefahren).

Weiters bedanke ich mich bei allen Personen die mir durch ihre fachspezifische Auskünfte zur Seite gestanden sind.

Viktor Weilguni (HZB), Bernhard Kohl (BFW), Markus Kraft (Austrocontrol), Herbert Formayer, Michael Hofstätter (Institut für Meteorologie), Klaus Stadlbacher (ZAMG) und H. P. Nachtnebel, Bernhard Pelikan und Josef Fürst (IWHW).

Zusammenfassung

Im August 2002 kam es infolge stark anhaltender Niederschläge zu massiven Bachaustritten in der Ortschaft Weißenbach bei Bad Goisern (OÖ). Im Zuge der Sanierungsarbeiten 2005 wurden Hochwasserschutzmaßnahmen ab hm 3,50 errichtet. Diese Diplomarbeit soll als Grundlage für die weiteren baulichen Maßnahmen dienen. Es wurden dabei das Niederschlags-Abfluss-Modell Zemokost sowie das Geschiebetransport-Modell Setrac verwendet. Für die Berechnung des Geschiebetransportes wurde das, aus Zemokost resultierende 150-jährliche Bemessungsereignis herangezogen. Außerdem beinhaltet diese Arbeit einen Maßnahmenkatalog mit Rücksichtnahme auf die Wasserrahmenrichtlinie RL 2000/60/EG. Eine planliche Ausführung der vier Schlüsselstellen ist beigefügt.

Abstract

In august 2002 a high amount of precipitation leads to massive floods in the village "Weißenbach" at Bad Goisern (OÖ). In the year 2005 the torrent and avalanche control arranged protection measures at hm 3.5. The aim of this thesis is to provide as basis for further building measures. The precipitation-runoff-model Zemokost calculate the runoff for an annuality of 150 years as input for the sediment-transport-model Setrac. There is also a catalog filled with measures refered to the EU Water Frame Directive RL 2000/60/EG included. The Plans attached show the measures for the key points in a detailed form.

Inhaltsverzeichnis

| Eı | rklär | ung | iii |
|--------------|--------|---|--------------|
| D | anksa | agung | iv |
| Zι | ısam | menfassung | \mathbf{v} |
| In | halts | sverzeichnis | vi |
| \mathbf{A} | bbild | lungsverzeichnis | x |
| Ta | abelle | enverzeichnis x | iv |
| 1 | Ein | leitung | 1 |
| | 1.1 | Problemstellung | 1 |
| | 1.2 | Zielsetzung | 1 |
| | 1.3 | Aufbau der Arbeit | 2 |
| 2 | Met | thodische Grundlagen | 3 |
| | 2.1 | Hydrologie alpiner Einzugsgebiete | 3 |
| | | 2.1.1 Niederschlag | 3 |
| | | 2.1.2 Interzeption und Evapotranspiration | 10 |

| Inl | haltsv | erzeichn | nis | vii |
|-----|--------|----------|---|-----|
| | | 2.1.3 | Infiltration | 11 |
| | | 2.1.4 | Abfluss | 13 |
| | | 2.1.5 | Methoden der Hochwasserabschätzung in alpinen Einzugsgebieten | 21 |
| | 2.2 | Festst | offtransport in alpinen Einzugsgebieten | 33 |
| | | 2.2.1 | Schwimmstoffe | 33 |
| | | 2.2.2 | Schwebstoffe | 34 |
| | | 2.2.3 | Geschiebe | 34 |
| | | 2.2.4 | Geschiebetransportmodell SETRAC | 39 |
| 3 | Unt | ersuch | nungsgebiet und Datengrundlage | 41 |
| | 3.1 | Geogr | aphie | 41 |
| | 3.2 | | nologie | 42 |
| | 3.3 | - | gie | 43 |
| | 3.4 | ` | nutzung | 44 |
| | 3.5 | | erwirtschaft | 46 |
| | 0.0 | 3.5.1 | Schutzwasserwirtschaft | 46 |
| | | 3.5.2 | Energiewasserwirtschaft | 46 |
| | 3.6 | | ologie | 47 |
| | 5.0 | | | |
| | | 3.6.1 | Allgemein | 47 |
| | | 3.6.2 | Einzugsgebiete und Teileinzugsgebiete | 48 |
| | | 3.6.3 | Niederschlag | 49 |
| | | 3.6.4 | Interzeption und Evapotranspiration | 54 |
| | | 3.6.5 | Infiltration | 55 |

| Inł | naltsv | erzeichn | is | viii |
|-----|--------|----------|---|------|
| | | 3.6.6 | Abfluss | 59 |
| | 3.7 | Feststo | offtransport | 62 |
| 4 | Mod | dellieru | ıng | 65 |
| | 4.1 | ZEMO | KOST | 65 |
| | | 4.1.1 | Einleitung | 65 |
| | | 4.1.2 | Kalibrierungsereignis 2002 | 65 |
| | 4.2 | Anwen | dungsbeispiel SETRAC | 67 |
| | | 4.2.1 | Projektdaten | 68 |
| | | 4.2.2 | Eingangssignale | 70 |
| | | 4.2.3 | Optionen | 70 |
| 5 | Erg | ebnisse | | 71 |
| | 5.1 | Zemok | ost | 71 |
| | | 5.1.1 | Varianten | 71 |
| | | 5.1.2 | Vergleich der Ergebnisse mit anderen in der WLV verwendeten Formeln | 75 |
| | 5.2 | Setrac | | 76 |
| | | 5.2.1 | Simulation und Ergebnisse | 76 |
| | 5.3 | Maßna | hmenkatalog | 78 |
| | | 5.3.1 | Schlüsselstelle I bei hm 2,0 | 79 |
| | | 5.3.2 | Schlüsselstelle II hm 0,0 - 2,0 | 81 |
| | | 5.3.3 | Schlüsselstelle III hm 2,0 - 6,0 | 83 |
| | | 5.3.4 | Schlüsselstelle IV hm 6,0 - 14,0 | 85 |
| 6 | Disl | kussion | 1 | 88 |

| Inh | naltsv | erzeichnis | ix | |
|-------------------------|--------|--|----|--|
| | 6.1 | Eingangsdaten Zemokost - Niederschlag | 88 | |
| | 6.2 | Eingangsdaten Zemokost - Geländemodell | 89 | |
| | 6.3 | Eingangsdaten Zemokost - Bodeninformationen | 89 | |
| | 6.4 | Eingangsdaten Zemokost - Linienzahlanalyse | 89 | |
| | 6.5 | Interpretation der Ergebnisse | 89 | |
| | 6.6 | Eingangsdaten Setrac - Profile, Punkte und Sektionen | 90 | |
| | 6.7 | Setrac - Anmerkungen | 90 | |
| | 6.8 | Maßnahmenkatalog - Zusammenfassung | 90 | |
| Li | terat | urverzeichnis | 92 | |
| Literaturverzeichnis 92 | | | | |
| \mathbf{A} | Tec | hnische Ergänzungen | 95 | |

Abbildungsverzeichnis

| 2.1 | Ombrometer - Totalisator - Ombrograf aus Lecher (2001) . | 8 |
|------|---|----|
| 2.2 | Übersicht des INCA Systems Quelle: ZAMG | 9 |
| 2.3 | Wetterradarbild des Salzkammergutes vom 12. August 2002 $$. | 10 |
| 2.4 | Interzeptionsspeicher von Waldbeständen aus Maniak (1997) | 11 |
| 2.5 | Verlauf der Infiltrationsrate f in mm/h bei einem homogenen Lehmboden bei Wasserbedeckung, konstanten Wassernachlieferungsraten I_W und bei gleichem Anfangswassergehalt. Verlauf der Infiltration bei einem überfluteten Boden zu verschiedenen Zeitschritten und idealisierter Verlauf nach dem Modell von Green und Ampt (Detailzeichnung; aus Maniak, 1997) . | 12 |
| 2.6 | Schematische Darstellung von Einflussgrößen auf die Abflusskonzentration (Form der Ganglinien) (DYCK AND PESCHKE, 1995, S.278) | 14 |
| 2.7 | Abflussbeiwerte - Definitionen nach MARKART ET AL. (2004) | 15 |
| 2.8 | Auswirkungen verschiedener Nutzungen, Eingriffe und Maßnahmen auf den Oberflächenabfluss bei Starkregen in Abhängigkeit vom Untergrund (aus MARKART ET AL., 2004) | 18 |
| 2.9 | Abflussbeiwertklassen | 20 |
| 2.10 | Rauhigkeitsbeiwertklassen | 21 |
| 2.11 | Modifizierte Hüllkurven nach LÄNGER | 24 |
| 2.12 | Abflussereignis als Trapezganglinie | 26 |

| 2.13 | Berechnungsgang der Laufzeitmethode nach Zeller (1974) $% \left(1974,344\right) =1000$. | 29 |
|------|--|----|
| 2.14 | Zusammenhang zwischen Abstraktionszeit t_0 [min] und Abflussbeiwert bei Sättigung ψ_{const} | 32 |
| 3.1 | Geografische Lage des Bearbeitungsgebiets in Oberösterreich | 41 |
| 3.2 | Übersicht über die Hangneigungen im Untersuchungsgebiet $$. | 42 |
| 3.3 | Übersicht der Expositionen im Untersuchungsgebiet $\ \ldots \ \ldots$ | 43 |
| 3.4 | Geologische Übersicht des Untersuchungsgebiets | 44 |
| 3.5 | Übersicht der Landnutzung im Untersuchungsgebiet $\ \ldots \ \ldots$ | 45 |
| 3.6 | "Deublerwehr" | 47 |
| 3.7 | Einzugsgebiet und Teileinzugsgebiete des Goiserer Weißenbaches | 49 |
| 3.8 | Übersicht der Niederschlagsmessstellen | 50 |
| 3.9 | Übersicht 150-jährlicher Monatsniederschlag | 51 |
| 3.10 | Übersicht 150-jährlicher Tagesniederschlag | 52 |
| 3.11 | Stundenniederschläge vom 11., 12. und 13. August 2002 der angrenzenden Messstationen Gosau und Bad Goisern | 53 |
| 3.12 | Abflussbeiwerteklassen - Varianten: worstcase - modcase - actcase | 56 |
| 3.13 | Oberflächenrauhigkeitsbeiwerteklassen - Varianten: worstcase - modcase - actcase | 57 |
| 3.14 | Teileinzugsgebiete und deren TEZG - IDs | 59 |
| 3.15 | Längenschnitte der Zubringerbäche und des gesamten Goiserer Weißenbaches | 61 |
| 3.16 | Standorte der im Goiserer Weißenbach durchgeführten Linienzahlanalysen, Durchführungszeiten Juni - Juli 2008 | 63 |

| 3.17 | Ergebnisse der Linienzahlanalysen: WBWeißenbach, TraunbTraunbach, KnallbKnallbach, KirchlKirchlochgraben, DürrenbDürrenbach, |
|------|--|
| | SchwarzSchwarzenbach |
| 4.1 | Lageplan Unterlauf Goiserer Weißenbach 69 |
| 5.1 | Übersicht der verwendeten Bemessungsvarianten 72 |
| 5.2 | Geschiebefrachtdiagramm für den Goiserer Weißenbach - Varinate 1 mit unterschiedlichen Jährlichkeiten |
| 5.3 | Übersicht über die Schlüsselstellen 79 |
| 5.4 | Schlüsselstelle I |
| 5.5 | Schlüsselstelle II |
| 5.6 | Schlüsselstelle III |
| 5.7 | Schlüsselstelle IV |
| A.1 | Auswertung der Niederschlagsdaten Bad Ischl Quelle: eHYD . 95 |
| A.2 | Auswertung der Niederschlagsdaten Bad Goisern Quelle: eHYD 96 |
| A.3 | Auswertung der Niederschlagsdaten Gosau Quelle: eHYD $$ 97 |
| A.4 | Auswertung der Niederschlagsdaten Lahn-Hallstatt Quelle: eHYD |
| A.5 | Auswertung der Niederschlagsdaten Pötschen Quelle: eHYD . 99 |
| A.6 | Arbeitsblatt Niederschlag: Eingabe der HAöSTRA-Werte in Zemokost |
| A.7 | Arbeitsblatt Topo OA: Parameter des Oberflächenabflusses, NS-Verteilung modifiziert, Zemokost |
| A.8 | Arbeitsblatt Topo G: Parameter des Gerinneabflusses, Basisabfluss vernachlässigt, Zemokost |
| A.9 | Arbeitsblatt Fläche AK: Flächenanteile der Teileinzugsgebiete an Abflussklassen, Zemokost |

| A.10 Arbeitsblatt Fläche c: Flächenanteile der Teileinzugsgebiete an Oberflächenrauhigkeitswerten c, Zemokost 105 |
|---|
| A.11 Arbeitsblatt Bemessung: Bemessungsabfluss Variante 1 bei HQ_{150} modifiziert, Zemokost |
| A.12 Arbeitsblatt Oberflächenabfluss: Ergebnisse Oberflächenabfluss, Zemokost |
| A.13 Arbeitsblatt Gerinneabfluss: Ergebnisse Gerinneabfluss, Zemokost |
| A.14 Eingabeformat für Querprofile in Setrac 109 |
| A.15 Eingabeformat für Punkte in Setrac |
| A.16 Eingabeformat für Sektionen in Setrac |
| A 17 Eingabeformat der Korngrößen in Setrac |

Tabellenverzeichnis

| 2.1 | Zeigerklassen der Bodenvegetation (nach Schauer 2002) | 20 |
|-----|---|----|
| 2.2 | Basis-Prozentlinie (Maßzahl: durchschnittlicher Jahresniederschlag) | 23 |
| 2.3 | Adaptionskoeffizienten | 25 |
| 2.4 | Adaptionskoeffizienten nach MÜLLER, verändert | 25 |
| 2.5 | Annäherung an die Shields-Kurve | 36 |
| 3.1 | Landnutzungsverteilung im Untersuchungsgebiet | 45 |
| 3.2 | Überblick der Niederschlags-Messstationen | 50 |
| 3.3 | Übersicht über die vorhandenen Niederschlagsdaten und deren Mittelwerte | 54 |
| 3.4 | Abflussbeiwerteklassen - Varianten: Flächen und deren Anteile | 58 |
| 3.5 | Oberflächenrauhigkeitsbeiwertklassen - Varianten: Flächen und deren Anteile | 58 |
| 3.6 | Parameter des oberirdischen Fließwegs | 60 |
| 3.7 | Parameter des Gerinneabflusses | 60 |
| 3.8 | Übersicht der Abflussberechnung nach Wundt mod. nach Länger Quelle: Pürstinger (2005) | 62 |
| 3.9 | Zusammenfassung der vorhanden Abflussbeobachtungen (+ vorhanden, - nicht vorhanden) | 62 |

| Гаbeller | nverzeichnis | ΧV |
|----------|---|----|
| 5.1 | Ergebnisse mit ÖKOSTRA - Werten | 73 |
| 5.2 | Ergebnisse mit HAöSTRA - Werten | 74 |
| 5.3 | HQ_{150} der Varianten nach mod. Niederschlagsverteilung $\ .$ | 75 |
| 5.4 | Vergleich der aus anderen verwendeten Abflussformeln errechnete Hochwassermenge | 76 |
| 5.5 | Ergebnisse der SETRAC-Modellierung bei einem HQ_{150} , Variante 1, HAöSTRA-Werte, Wehr zu | 77 |
| 5.6 | Ergebnisse der SETRAC-Modellierung bei einem HQ_{150} , Variante 1, HAöSTRA-Werte, Wehr offen | 77 |
| 5.7 | Variantenvergleich SS I | 81 |
| 5.8 | Variantenvergleich SS II | 83 |
| 5.9 | Variantenvergleich SS III | 84 |

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Problemstellung

Im August 2002 ist es im Bereich der Ortschaft Weißenbach bei Bad Goisern durch ein Hochwasserereignis zu zahlreichen Bachaustritten und Beschädigungen von Schutzbauwerken gekommen. Als Auslöser dieses Ereignisses ist der lang anhaltende Niederschlag anzusehen. In Verbindung mit der hohen Geschiebefracht und dem Schwemmholz hat sich der Abflussquerschnitt im Bereich der Brücke bei hm 1,90 und bei hm 4,50 verkleinert und so für Bachaustritte in die Ortschaft Weißenbach gesorgt.

Neben dem Hochwasserschutz soll auf die Durchsetzung der Wasserrahmenrichtlinie RL 2000/60/EG bis 2015 Bedacht genommen werden, die die Erreichung des guten ökologischen Zustandes (Verhinderung der Unterbindung des Gewässerkontinuums) fordert.

1.2 Zielsetzung

Im Zuge dieser Diplomarbeit wird ein weiterführendes Maßnahmenkonzept ausgearbeitet, dessen Inhalt neben dem Hochwasserschutz im Ortsgebiet, die Geschiebeproblematik im Unterlauf sowie die Umgestaltung des "Deubler Wehres" und der Brücke berücksichtigt. Es kommt dabei das Niederschlags-Abflussmodell (NA-Modell) ZEMOKOST sowie das Geschiebetransport-Modell SETRAC zum Einsatz.

1. Einleitung 2

1.3 Aufbau der Arbeit

Kapitel 1 gibt Auskunft über die Problemstellung, Zielsetzung und die Vorgehensweise des Projektes. Im zweiten Kapitel werden die methodischen Grundlagen vorgestellt, die zum Verständnis für den weiteren Verlauf des Projekts beitragen sollen. Anschließend wird in Kapitel 3 das Untersuchungsgebiet näher betrachtet und mit Hilfe einer GIS-Applikation graphisch dargestellt. Der Kern der Arbeit ist das Kapitel Modellierung. Es besteht aus der Generierung einer Hochwasserabflussganglinie mittels Zemokost, eines Geschiebetransport-Modells mittels Setrac. Die Ergebnisse der Modellierung und Maßnahmenvorschläge sind in Kapitel 5 dargestellt. Kapitel 6 bietet Platz für aufgetretene Probleme während der Arbeit sowie Verbesserungsvorschläge und Anregungen.

Kapitel 2

Methodische Grundlagen

2.1 Hydrologie alpiner Einzugsgebiete

Alle Naturprozesse zeigen bei genauer Betrachtung eine enorme Komplexität. Es wird daher versucht, die Prozesse vereinfacht darzustellen. Im Bereich der hydrologischen Modellierung treten Probleme in allen Bereichen, von der Niederschlagsentstehung bis hin zum Gerinneabfluss, auf. Das Kapitel Methodische Grundlagen versucht, durch einen Überblick über die hydrologischen Zusammenhänge Atmosphäre - Boden, zu einem besseren Verständnis beizutragen.

2.1.1 Niederschlag

Laut ÖN B2400 (2004) ist Niederschlag die Sammelbezeichnung für flüssige oder feste Kondensationsprodukte aus der Atmosphäre, welche auf die Erdoberfläche gelangen. Dazu zählen Regen, Schnee, Hagel, Graupel, Tau, Raureif und nässender Nebel.

Niederschlagsentstehung

Wolkenentstehung Aufsteigende Luft wird bei ihrer Aufwärtsbewegung abgekühlt. Ist die relative Luftfeuchte kleiner 100 %, liegt die Abkühlungsrate bei 1 Kelvin pro 100 m. Je weiter die Luft aufsteigt, desto kälter wird sie. Es kann immer weniger Feuchtigkeit gespeichert werden.

Erreicht die Temperatur jene Grenze, wo Sättigungsfeuchte und Luftfeuchte gleich sind, kommt es zum Phasenübergang. Durch weitere Abkühlung werden Tröpfchen oder Eiskristalle an geeigneten Aerosolteilchen gebildet. Diese fallen, nachdem sie sich mit anderen Tröpfchen vereint haben, als Niederschlag auf die Erde zurück.

Die Abkühlung der Luftmassen kann durch

- zyklonische
- orographische und
- konvektive Abkühlung

erfolgen.

Zyklonischer Niederschlag Bei den zyklonischen Niederschlägen unterscheidet man zwischen warmen und kalten Fronten. Bei der warmen Front schieben sich die warmen, feuchten Luftmassen über die schwere, kalte Luft. Charakteristisch für Warmfronten sind ausgedehnte Niederschlagsgebiete. Die Intensität ist gering, aber durch die lange Dauer, sehr ergiebig.

Bei einer Kaltfront schieben sich die kalten unter die warmen Luftmassen und bewirken so eine rasche Anhebung der warmen Luft. Charakteristisch für Kaltfronten sind kurze, intensive gewittrige Niederschläge.

Orographische Niederschläge - Advektion Warme, feuchte Luftmassen vom Meer treffen am Festland auf Erhebungen der Erdoberfläche. Sie steigen an der Luvseite von Gebirgen auf und kühlen dabei ab.

Konvektive Niederschläge Ruhende Luftmassen werden durch die Sonneneinstrahlung erwärmt. Sie werden instabil und steigen auf. Es entstehen mächtige Wolken. Charakteristisch für konvektive Niederschläge sind hohe Intensitäten bei kurzer Regendauer.

Bemessungsniederschläge

Starkniederschläge Laut ÖN B2400 (2204) ist Starkniederschlag jener Niederschlag, welcher während einer bestimmten Dauer eine bestimmte Niederschlagshöhe erreicht oder überschreitet.

Es gibt eine Vielzahl an Starkregenkriterien. In Österreich wurde lange Zeit mit den Regenhöhenlinien nach Schimpf (1970) gerechnet. Erst vor wenigen Jahren fanden neuere Ansätze Anwendung. Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) veröffentlichte Regenhöhenlinien nach den Regeln der DVWK (1985) im Digitalen Klimaatlas ÖKLIM. Im folgenden wird auf die, in Österreich aktuellen Strategien der Niederschlagsauswertungen eingegangen.

ÖKOSTRA Bei dem Projekt ÖKOSTRA-93 (1992) (Österreichische koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung) handelt es sich um eine extremwertstatistische Niederschlagsauswertung. Das Projekt sieht ein österreichweit einheitliches Konzept der Starkniederschlagsauswertung und -regionalisierung vor. Das Datenmaterial wurde durch 900 zusätzliche Niederschlagsregistriermonate aus der Region Salzkammergut erweitert und anschließend mittels DRA (Digitalisier- und Auswertemodule), OWUNDA (optimierte Auswertevariante) und NIP (Niederschlags-Interpolationsprogramm) weiterbearbeitet.

HAÖ - Hydrologischer Atlas Österreichs LORENZ AND SKODA (2000) entwickelten im Zuge des Programms IDNDR (Projekt der Österreichischen Akademie der Wissenschaften) ein Modell zur Vorhersage von konvektiven Niederschlägen, dessen Ziel es war, Datenlücken bezüglich Starkregen in informationsarmen Gebieten zu schließen. Um dies zu gewährleisten, wurde ein orographisch-konvektives Niederschlagsmodell "OKM" erstellt. Die Kalibrierung erfolgte an extremwertstatistischen Messstellenauswertungen. Mit Hilfe der aus dem Modell gewonnenen Koeffizienten u und w war es nun möglich Niederschlagshöhen (h_N) in Abhängigkeit von der Wiederkehrszeit (T) und einer Dauerstufe (D) für einen Raster von 5 km mal 5 km für das gesamte Bundesgebiet zu generieren. Gleichung 2.1 zeigt den Zusammenhang.

$$h_{N(T,D)} = u_D + w_D \cdot lnT \tag{2.1}$$

Die berechnete Niederschlagsintensität bezieht sich dabei auf den Flä-

chenschwerpunkt des Einzugsgebietes. Die Intensitätswerte werden je nach Größe des Einzugsgebietes mehr oder weniger stark abgemindert. Die Idee dahinter ist, dass die Niederschlagsintensitäten für nur einen Punkt berechnet werden und somit nicht auf das ganze Gebiet angewendet werden können. In der Zemokost Version 6-3 ist standardmäßig eine "schwache" Flächenabminderung nach Foufoula-Georgiou and Wilson L. L. (1990) berücksichtigt. Diese Annahme wird bei kleinen Einzugsgebieten eingesetzt.

$$P = P_{max}^{-kA^n} \tag{2.2}$$

... Mittlerer Niederschlag eines Niederschlagereignisses im mm

 P_{max} ... Niederschlagsmaximum in mm ... Einzugsgebietsfläche in km²

... empirischer Parameter: $k = 0, 19 \cdot D^{-0,56}$

... empirischer Parameter: n = 0, 5

Nach Watzinger and Gutknecht (1996) kann es, bei sehr hohen Regenintensitäten und/oder für kleine Dauerstufen innerhalb kleiner Einzugsgebiete erforderlich sein, eine stärkere Abminderung vorzunehmen. Im Haö schlagen die Autoren folgende Beziehung vor.

$$P_A = P_{max}^{(-\omega A^{\xi})} \tag{2.3}$$

... Mittlerer Niederschlag eines Starkniederschlagsereignisses in mm

 P_{max} ... Maximaler Punktwert in mm

... Niederschlagsfläche in km² ... $\omega_{\overline{(h_N/D)}}=0,0447\cdot\overline{(h_N/D)}+0,0026$... $\xi=0,59$

 $\overline{(h_N/D)}$ bezeichnet den Erwartungswert der Niederschlagsintensität des betrachteten Ereignisses. Diese Abminderung ist nur unter der Bedingung $D \ge D_k$ sinnvoll. (Skoda et al., 2003)

Die Abminderung nach Mattern (1996) ist auf Gebiete des Salzkammergutes beschränkt. In LORENZ AND SKODA (2000) bezweifeln die Autoren eine österreichweite Anwendbarkeit.

Den Bemessungsniederschlägen nach LORENZ AND SKODA (2000) wird eine starke Überschätzung im Vergleich zu den extremwertstatistischen Messstellenauswertungen vorgeworfen.

HAÖSTRA Eine Überschätzung der Bemessungsniederschläge im HAÖ und eine Unterschätzung der Werte laut ÖKOSTRA gaben Anlass auf die Einführung eines kombinierten Ansatzes. Durch diese Kombination war es nun möglich, eine Bandbreite möglicher Bemessungsniederschläge anzugeben. Als obere Grenze dienen die Werte des HAÖ und die untere Grenze bilden die Werte der ÖKOSTRA. Die Bemessungsniederschläge sind aktuell für die Dauerstufen bis 6 Tage verfügbar und können über das Onlineportal des Hydrographischen Dienstes "eHYD" (BMLFUW, 2004) gratis bezogen werden.

Messgeräte zur Erfassung des Punktniederschlags

Totalisatoren Totalisatoren werden in entlegenen Gebieten eingesetzt. Durch ihr großes Fassungsvermögen beträgt die zeitliche Auflösung meist ein Monat. Im Winter bedarf es einer Frostschutzflüssigkeit um ein Einfrieren des Niederschlagwassers zu vermeiden. Im Sommer wird mit Parfinölen der Verdunstung entgegengewirkt.

Ombrometer Der Ombrometer besteht aus einem Auffanggefäß, das ca. 1 m über dem Boden montiert ist. Täglich oder mehrmals täglich wird zur selben Uhrzeit das gefallene Niederschlagsvolumen in einen Messbecher gefüllt und abgelesen.

Ombrografen Ombrografen sind Messgeräte, die Niederschläge in zeitlich hoher Auflösung und vor allem kontinuierlich aufzeichnen. Sie geben wichtige Auskunft über Zeitpunkt, Dauer und Intensität von Niederschlagsereignissen. Die Entleerung erfolgt automatisch oder manuell, wobei man bei den automatischen Ombrografen zwischen Regenschreibern mit Schwimmer, Wippe oder Wägung unterscheidet.

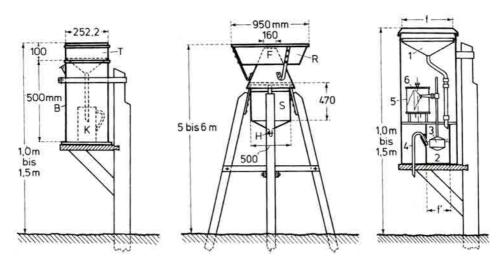


Abbildung 2.1: Ombrometer - Totalisator - Ombrograf aus LECHER (2001)

Niederschlagsmessung durch Fernerkundung

INCA Beim System INCA (Integrated nowcasting through Comprehensive Analysis) handelt es sich um ein Analyse- und Vorhersagesystem, das den atmosphärischen Zustand speziell für den Alpenraum wiedergibt. In einer 2-jährigen Entwicklungsphase hat die ZAMG die Vorhersagewerte für die 2 bis 6 Stundenprognose weiter verbessert. Ziel war es eine Kombination aller aktuell verfügbaren Modell- (ALADIN und ECWMF) und Beobachtungsdaten (Stations-, Radar- und Satellitendaten) herzustellen (vgl. www.zamg.ac.at/forschung/synoptik/inca/). Die ZAMG liefert auf Anfrage die in Abbildung 2.2 angeführten Daten in Rohform.

| | Einheit | Update- Frequenz [min] | Zeitl. Auflösung [min] | Prognosezeit- raum [h] | Verfügbar- keit [min] |
|---------------------|---------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 2m-Temperatur | °C | 60 | 60 | 48 | 20-25 |
| 2m-Feuchte (Td, rF) | °C, % | 60 | 60 | 48 | 20-25 |
| 10m-Wind (u,v) | m/s | 60 | 60 | 48 | 25-30 |
| Gesamtbewölkung | % | 15 | 15 | 48 | 15-20 |
| Niederschlagsmenge | mm | 15 | 15 | 48 | 20-25 |
| Niederschlagsart | - | 15 | 15 | 12 | 20-25 |
| Schneefallgrenze | m | 60 | 60 | 48 | 20-25 |
| Bodentemperatur | °C | 60 | 60 | 12 | 20-25 |
| Globalstrahlung | W/m2 | 60 | 60 | 48 | 30-35 |
| Wind Chill | °C | 60 | 60 | 48 | 30-35 |

Abbildung 2.2: Übersicht des INCA Systems Quelle: ZAMG

Wetterradar Wetterradardaten spielen nicht nur in der zivilen Luftfahrt, sondern auch im Bereich der Hydrologie eine große Rolle. In Österreich besteht das Wetterradarnetzwerk, koordiniert von der Austro Control, aus den vier Stationen Patscherkofel, Schwechat, Salzburg und Zirbitzkogel. Der Primärstrahl hat eine Stärke von 250 kW und kann so auch ausgedehnte Starkniederschlagsgebiete durchdringen. Die Radaranlagen arbeiten im C-Band, mit einer Wellenlänge von 5,3 cm und einer Frequenz von 5600 MHz. Die räumliche Auflösung beträgt 2 mal 2 mal 1 km, wobei die Grundrissdarstellung in 2 mal 2 km und die Aufrissdarstellung in 1 km erfolgen. Die farblichen Pixel im Grundriss stellen die über eine Stunde aufsummierten Intensitätsstufen dar.

Der Seitenriss am rechten Rand gibt die Maximalintensitäten jeder Zeile an. Der Aufriss am oberen Rand zeigt die Maximalintensität jeder Spalte. Die tatsächliche Darstellung der Intensitäten erfolgt in acht unterschiedlichen Stufen. Das für die Auswertung von Wetterradardaten verwendete WI-IS (Weather Image Information System) arbeitet mit vierzehn unterschiedlichen Stufen bei Intensitäten von 0,0 - 153,8 mm/h (vgl. www.austrocontrol.co.at).

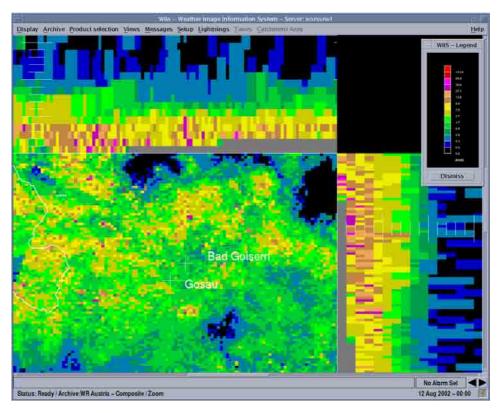


Abbildung 2.3: Wetterradarbild des Salzkammergutes vom 12. August 2002

2.1.2 Interzeption und Evapotranspiration

Nach Maniak (1997) versteht man unter Interzeption einen Prozess, bei dem der Niederschlag durch die Pflanzendecke aufgefangen und an Boden, Atmosphäre oder an die Pflanzen selbst abgegeben wird. Die Größe der Interzeption ist abhängig von Pflanzenbestand, Luftfeuchtigkeit, Wind, Verdunstung und Jahreszeit. Abbildung 2.4 zeigt als Beispiel die unterschiedlichen Interzeptionsspeicher eines Fichten - Buchen - Waldes.

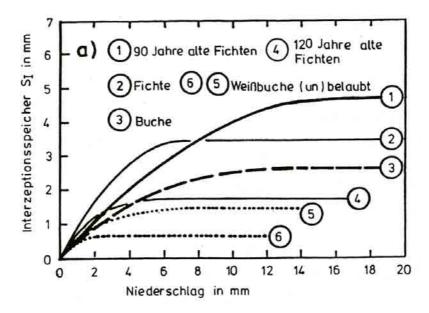


Abbildung 2.4: Interzeptionsspeicher von Waldbeständen aus Maniak (1997)

Bei starken, langen Regen und lebhaftem Wind sinkt die Interzeption auf ein Minimum. Vor allem in Starkregengebieten wird der Interzeptionsspeicher schnell erreicht.

Nach ÖN B2400 (2004) wird unter Verdunstung die Abgabe von Wasserdampf von der Oberfläche der Erde an die Atmosphäre, z.B. Verdunstung von vegetationsfreien Landflächen (Bodenverdunstung) und Verdunstung von freien Wasserflächen (Evaporation), Verdunstung durch Pflanzen, hervorgerufen durch biologische Prozesse (Transpiration), gesamte Bodenund Pflanzenverdunstung, einschließlich jener aus der Interzeption (Landverdunstung, Evapotranspiration) verstanden.

Der Begriff Evapotranspiration leitet sich aus der Kombination von Evaporation und Transpiration ab. Sie beschreibt die transferierte Wasserdampfmenge vom bewachsenen Boden in die Atmosphäre. In Abhängigkeit von Region und Jahreszeit unterliegt die Evapotranspiration Schwankungen.

2.1.3 Infiltration

Infiltration oder Versickerung ist die Bewegung des Wassers in den Boden. Sie wird durch die Infiltrationsrate f in mm/h beschrieben. Eintrittsöffnun-

gen an der Bodenoberfläche, die Wasserleitfähigkeit und der Anfangswassergehalt beeinflussen die Infiltration. Weiters ist die Bodenart sowie die Durchwurzelung maßgebend. Bei konstanter Wasserlieferung stellen sich mit der Zeit eine

- Sättigungs-
- Übergangs-
- Transport- und
- Befeuchtungszone

ein (Abbildung 2.5). Mit zunehmender Länge der Befeuchtungszone, nähert sich die Geschwindigkeit der wassergesättigten Leitfähigkeit an. Es folgt eine Abnahme der Infiltrationsrate mit der Zeit. Ist die konstante Wassernachlieferung größer als die Anfangsinfiltration, kommt es infolge der abnehmenden Infiltrationsrate zum Oberflächenabfluss (VGL. MANIAK, 1997, S. 283).

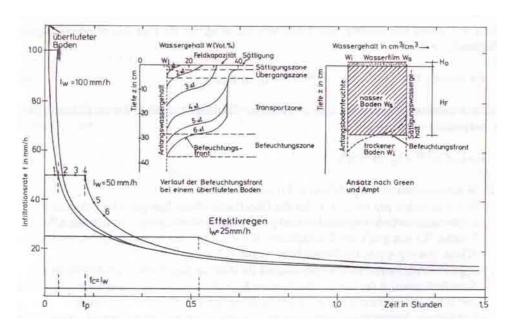


Abbildung 2.5: Verlauf der Infiltrationsrate f in mm/h bei einem homogenen Lehmboden bei Wasserbedeckung, konstanten Wassernachlieferungsraten I_W und bei gleichem Anfangswassergehalt. Verlauf der Infiltration bei einem überfluteten Boden zu verschiedenen Zeitschritten und idealisierter Verlauf nach dem Modell von Green und Ampt (Detailzeichnung; aus MANIAK, 1997)

2.1.4 Abfluss

Für die Bemessung von Schutzbauwerken hat die Ermittlung des Anteils des Niederschlags, der rasch zum Abfluss kommt, große Bedeutung. Je nach Bodeneigenschaften und Einzugsgebietsgröße, tragen vor allem der Abfluss an der Oberfläche und der Zwischenabfluss bei. Nach der Überwindung des Interzeptionswiderstandes, nach Überschreiten der Infiltrationskapazität und nach Auffüllung des Muldenspeichers, sammelt sich das Wasser des Oberflächen- und Zwischenabflusses in kleinen Gräben und Gerinnen. Dieser Vorgang wird Abflusskonzentration genannt. Infolge der Erhöhung der Wassertiefe steigt auch die Fließgeschwindigkeit. An der Oberfläche beeinflussen vor allem die Niederschlagsintensität, Infiltrationskapazität und die Bodenvegetation des Bodens den Abfluss. In den Gerinnen ist die Geschwindigkeit von der Abflusstiefe und der Rauhigkeit abhängig. Weitere Einflussgrößen der Abflussbildung sind (vgl. Abbildung 2.6):

- Gerinnedichte
- Räumliche und zeitliche Verteilung der Niederschläge
- Zugrichtung des Niederschlags
- Anteil an versiegelter und bebauter Flächen
- Form des Einzugsgebiets
- Windwurf

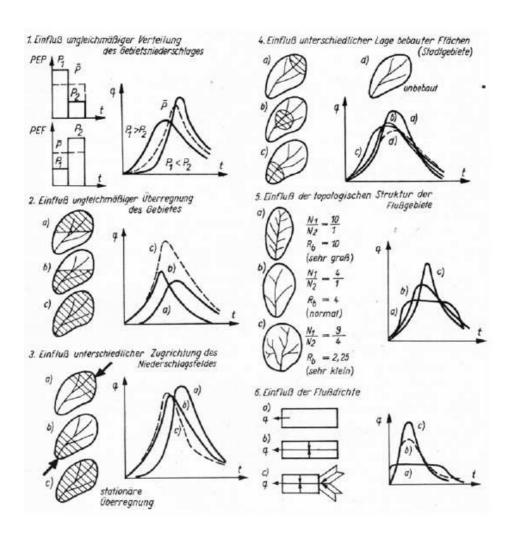


Abbildung 2.6: Schematische Darstellung von Einflussgrößen auf die Abflusskonzentration (Form der Ganglinien) (DYCK AND PESCHKE, 1995, S.278)

Abfluss- und Oberflächenrauhigkeitsbeiwerte Nach der Definition nach Maniak (1997) ist der Abflussbeiwert ψ_0 der prozentuelle Anteil des Niederschlags, der in jedem Niederschlagsintervall abfließt.

$$\psi_0 = \frac{I_W}{I_{Ges}} \tag{2.4}$$

 ψ_0 ... Abflussbeiwert

 I_W ... Effektiver Niederschlag in mm

I_{Ges} ... Gesamtniederschlag in mm

In Österreich liegt zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes die provisorische Geländeanleitung nach MARKART ET AL. (2004) vor. Ziel der Geländeanleitung war es, eine Abschätzung des potentiellen Oberflächenabflusses typischer alpiner Vegetations- und Bodeneinheiten bei Starkregen zu erhalten. Die Ermittlung des Oberflächenabflusses hat vor allem bei der Erstellung von Gefahrenkarten und Gefahrenzonenplänen sowie bei der Bemessung von Schutzbauwerken im Wildbacheinzugsgebieten eine große Bedeutung. Als Grundlage dienen in etwa 700 Starkregensimulationen, durchgeführt vom Bundesamt und Forschungszentrums für Wald und des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. Die Experimente fanden auf Flächen von 50 bis 100 m², bei Regenintensitäten zwischen 75 und 100 mm/h statt. (VGL. KOHL AND STEPANEK, 2004)

Die Definitionen nach MARKART ET AL. (2004) finden im weiteren Verlauf Anwendung.

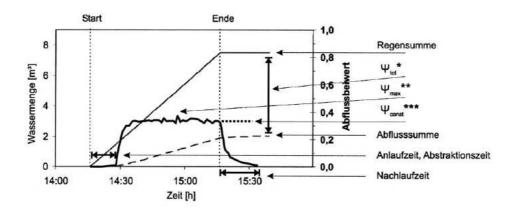


Abbildung 2.7: Abflussbeiwerte - Definitionen nach Markart et al. (2004)

 ψ_{tot} Abflusskoeffizient = Verhältnis des insgesamt gefall-

enen Niederschlags zum Gesamtabfluss

 ψ_{max} Spitzenabflusskoeffizient = Gemessener maximaler Oberflächen-

abfluss

 ψ_{const} Mittlerer Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz

Anlaufzeit: Zeitspanne vom Einsetzen des Niederschlags bis zum

ersten gemesssen OA am Messpunkt in Minuten oder Stunden

Nachlaufzeit: Zeitspanne vom Ende des Niederschlagsereignisses bis

zum Ende des Abflusses am Messpunkt in Minuten oder Stunden

Die "Geländeanleitung für den Praktiker" (MARKART ET AL., 2004) ist nach a) hydrologische Vegetationseinheiten b) Indikatorfunktionen des Bodens c) Indikatorfunktionen der Nutzung und standörtlicher Besonderheiten und nach d) Indikatorfunktionen der Vegetation, Feuchte- und Zeigerwerte aufgebaut.

Hydrologische Vegetationseinheiten Die Einteilung der Einheiten erfolgt in

- Pioniervegetation Rohböden
- Rasenvegetation Mähwiesen
 - Rasen (nicht Bürstling)
 - Bürstling-Rasen (Borstgras-Rasen)
 - Mähwiesen
 - Feuchtwiesen und Niedermoore
- Zwergstrauchheiden
 - Alpenrosen- und Heidelbeernheide
 - Besenheide/Erika
- Buschgesellschaften
 - Grünerlen und Weidengebüsch
 - Grauerlen und Weidengebüsch
 - Latschenkrummholz
- Hochstaudenfluren
- Wälder
 - Nadelwälder
 - Laubwälder und Laub-/Nadelmischwälder
- Planien
 - Schipisten
 - Wegböschungen

Indikatorfunktionen des Bodens

Anteil von Grob- und Feinboden Ein hoher Anteil an Bodenteilchen > 2 mm ermöglicht ein rasches Eindringen von Wasser in den Boden. Je kleiner die Teilchen werden desto langsamer erfolgt die Infiltration.

Lagerung des Bodens Bei lockerer Lagerung des Bodens kann das Wasser leichter in den Boden eindringen als bei Böden mit dichter Lagerung.

Gründigkeit des Bodens Die Gründigkeit von Waldböden beeinflusst das Abflussgeschehen an der Oberfläche maßgeblich. Liegt eine geringe Mächtigkeit vor, tritt Wasser in den Boden ein und nach kurzer Zeit wieder an die Oberfläche zurück. Als Beispiel sei hier eine geringmächtige Bodenauflage < 15 cm auf anstehendem Fels erwähnt.

Indikatorfunktionen der Nutzung und standörtliche Besonderheiten

Wirkungen mechanischer Belastungen und technischer Eingriffe Abbildung 2.8 gibt einen Überblick über die verschiedenen Nutzungsarten und deren Auswirkungen auf die Infiltrationsverhältnisse in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen.

| Nutzungsart/Eingriff | Auswirkung auf den Oberflächenabfluss in Abhängigkeit von den Bodenverhältissen | | | | |
|---|--|---|----------------------|----------------------|--|
| | Grob-Boden, skelettreich, locker | Grob-Boden, skelettreich, mit Feinanteil, locker | Fein-Boden locker | Fein-Boden bindig | |
| Planie | +/- | - | | | |
| Beweidung extensiv | +/- | +/- | 3223 | 22 | |
| Beweidung intensiv | 1575 | | 6-50 | | |
| Befahren extensiv | +/- | 1-11 | | - | |
| Befahren intensiv | (a =) | | (22) | | |
| Planie + Zusatzbelastung (Beweidung, Befahren, Schipistenpräparierung) | +/- | = | 700 | 75 | |
| Holznutzung | (+/-) | (+/-) | (+/-)(-) | (-)/() | |
| Drainage | +/- | +/- | + | ++ | |
| Düngung | +/- | +/- | ++ | + | |
| Begrünung, ingenieurbiolog. Maßnahmen | +/- | + | +++ | ++ | |

Zeichenerklärung:

- +/- indifferent, geringfügige Verschlechterung
- deutliche Verschlechterung
- -- sehr starke Verschlechterung
- extreme Verschlechterung
- () vorübergehend, reversibel

- +/- indifferent, geringfügige Verbesserung
- + deutliche Verbesserung
- ++ sehr starke Verbesserung
- +++ extreme Verbesserung

Abbildung 2.8: Auswirkungen verschiedener Nutzungen, Eingriffe und Maßnahmen auf den Oberflächenabfluss bei Starkregen in Abhängigkeit vom Untergrund (aus MARKART ET AL., 2004).

Entwässerung Durch die Drainagierung wird der Basisabfluss und so der Bodenspeicher erhöht. Bei offenen Drainagesystemen ist mit einer sekündären Benässung anderer Hänge zu rechnen. Dies führt bei Starkregen zu raschem Abfluss.

Einfluss des Deckungsgrades der Bodenvegetation Der Deckungsgrad der Bodenvegetation ist bei der Zuordnung des Abflussbeiwerts maßgebend. Versuche an vegetationslosen Flächen und Rasenstandorten haben ergeben, dass auf vegetationslosen Flächen anfänglich weniger Abflussfracht auftritt. Bei Versuchen mit Großregenanlagen muss jedoch darauf geachtet werden, dass die kinetische Energie von Starkregen teils vernachlässigt wird.

Effekte der Hangneigung Die bisherigen Versuche des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald haben gezeigt, dass zwischen Hangnei-

gung und Oberflächenabfluss kein eindeutiger Zusammenhang besteht.

Bioturbation im Boden Die Infiltrationsleistung eines Standortes ist stark von Wühltätigkeiten von Mäusen und Maulwürfen abhängig. Durch die so geschaffenen Hohlräume steigt der Zwischenabfluss an.

Waldwirkungen Betreffend des Einflusses von Eingriffen in Waldbeständen gibt es viele Untersuchungen. Zusammenfassend kann folgendes angenommen werden:

- Abflusssteigerungen sind umso größer, je mehr an Biomasse entnommen wird.
- Die Abflusssteigerung ist unmittelbar nach dem Eingriff am größten und nimmt in den Jahren nach der Behandlung nach einer logarithmischen Funktion ab.
- Behandlungseffekte wirken umso länger nach, je größer die Anfangsreaktion war.
- Abflusserhöhung nach Eingriffen wird primär bei Mittelwasser und Hochwasser spürbar.

Hydrophobie nach Austrocknung In den Sommermonaten lässt das Pflanzenwachstum nach. Tote, meist schwer zersetzbare Blattmasse wird angereichert. Diese wirkt wie ein Strohdach und begünstig den Oberflächenabfluss. Weiters wirken Moderhumusauflagen nach Trockenperioden meist hydrophob und somit abflussfördernd (VGL. MARKART ET AL., 2003).

Einfluss der Vorfeuchte Eine hohe Vorbefeuchtung verkürzt die Anlaufzeit. Auf den Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz hat die Vorbefeuchtung nur wenig Einfluss.

Gerinnenetzdichte, Hangwasser

Indikatorfunktionen der Vegetation, Feuche- und Zeigerwerte Vegetation und Feuchtezustand des Standortes sind von großer Bedeutung in

Bezug auf die Abflussverhältnisse an der Oberfläche. Schauer (2002) teilt die Zeigerklassen wie folgt ein.

mf ... trocken - mäßig frisch

f ... frisch

ff ... sehr frisch - feuchtn ... sehr feucht - nass

Tabelle 2.1: Zeigerklassen der Bodenvegetation (nach Schauer 2002)

Abflussbeiwert- und Oberflächenrauhigkeitsklassen In der Geländeanleitung werden die in den Abbildungen 2.9 und 2.10 ersichtlichen Abflussbeiwertsowie Oberflächenrauhigkeitsklassen verwendet.

| | en - die Farbgebung erfolgt abgestuft rinzip: Grün = positive Abflussverhält- bfluss: |
|------------------------------------|---|
| | erlächenabfluss, tiere Abflussverhältnisse, nit sehr hoher Abflussdisposition, |
| Abfluss- beiwertklasse (AKI) | Oberflächenabfluss in % des Niederschlages |
| 0 | 0 |
| 1 | > 0 - 10 |
| 2 | 11 - 30 |
| 3 | 31 - 50 |
| 4 | 51 - 75 |
| 5 | >75 |
| 6 | 1,0 (vernässte, versiegelte Flächen) |

Abbildung 2.9: Abflussbeiwertklassen

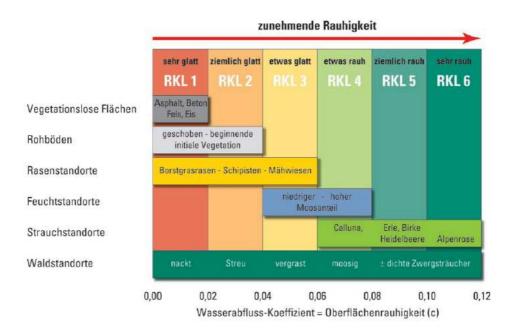


Abbildung 2.10: Rauhigkeitsbeiwertklassen

2.1.5 Methoden der Hochwasserabschätzung in alpinen Einzugsgebieten

In alpinen Einzugsgebieten stehen wenige Abflussdaten zur Verfügung. In früherer Zeit bediente sich der Ingenieur empirischer Formeln, um einen möglichen Bemessungsabfluss abschätzen zu können. Heute finden vermehrt Niederschlags-Abflussmodelle (NA-Modelle) in der Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen Anwendung. Die nachfolgenden Punkte sollen einen Überblick über die empirischen Formeln sowie die gängigen NA-Modelle geben.

Empirische Beziehungen Grundlegend wird bei der empirischen Abschätzung der Hochwasserabflüsse von einer geringen Abflussdatenmenge ausgegangen. Empirische Ansätze orientieren sich daher, an invarianten Gebietseigenschaften wie Einzugsgebietsgröße, Seehöhe, Boden- und Landnutzungsangaben sowie variablen Faktoren wie Niederschlag und Klima (Lecher, 2001). Empirische Ansätze können in Hüllkurven, erweiterte Formeln und Laufzeitverfahren unterteilt werden.

22

Hüllkurven

Wundt

$$HQ = 13, 8 \cdot A_B^{0,6} \tag{2.5}$$

HQ ...Abflussspitze in m³/s A_B ...Einzugsgebietsfläche in km²

Die Formel nach WUNDT gilt für Einzugsgebiete von 1 bis 200000 km². Die 90%-Richtkurve gibt einen Grenzwert an, der in 10 % der Fälle durch größere Werte überschritten wird. Sie kann als technisch noch tragbare Grenze angsehen werden.

KLEMENT/WUNDERLICH

$$HHQ = 5, 5 \cdot A_B^{5/6} \tag{2.6}$$

 $HHQ\ldots$ Höchste mögliche Abflussspitze in m³/s $A_B\ldots$ Einzugsgebietsfläche in km²

Die Formel nach Klement & Wunderlich gilt für Einzugsgebiete mit einer Größe von 1 bis $450~\rm{km}^2$ im Hochgebirge.

Hofbauer

$$HQ = 42\sqrt{A_B} \tag{2.7}$$

HQ ...Abflussspitze in m³/s A_B ...Einzugsgebietsfläche in km²

Die Formel nach HOFBAUER ist für Einzugsgebiete $A_B > 450 \text{ km}^2$ geeignet und für eine Anwendung in Gebieten mit höheren Niederschlägen empfohlen.

Modifizierung der Hüllkurven nach LÄNGER

Für Wildbäche ergibt sich für Hochwässer mit rund 100-jährlicher Wiederkehrswahrscheinlichkeit nachstehende Ermittlung des Prozentsatzes für die Hochwasser-Abflussspenden-Tafel:

Tabelle 2.2: Basis-Prozentlinie (Maßzahl: durchschnittlicher Jahresniederschlag)

| 900 mm | 20~% | $1750~\mathrm{mm}$ | 70 % |
|--------------------|------|--------------------|-------|
| $1000~\mathrm{mm}$ | 30~% | $1900~\mathrm{mm}$ | 75~% |
| $1100~\mathrm{mm}$ | 40~% | $2000~\mathrm{mm}$ | 80 % |
| $1200~\mathrm{mm}$ | 50 % | $2150~\mathrm{mm}$ | 85~% |
| $1350~\mathrm{mm}$ | 55~% | $2300~\mathrm{mm}$ | 90% |
| $1500~\mathrm{mm}$ | 60 % | $2400~\mathrm{mm}$ | 95~% |
| 1600 mm | 65~% | 2500 mm | 100 % |

Zuschlags-Prozentpunkte

1. Kurzzeitige Starkregen (Maßzahl: durchschnittliche jährliche Anzahl der Gewitter)

- 2. Einzugsgebiet gering bis nicht bewaldet: bis + 10 %
- 3. Geländebedingte Einflüsse: große Steilheit der Bacheinhänge und/oder des Bachlaufs, konzentrische Form des Einzugsgebiets: bis + 20 %

Abschlags-Prozentpunkte

- 1. Niederschlagsrückhalt in Form von Schnee (nur wenn Einzugsgebiet oder Teile desselben über 2000 m Seehöhe liegen): bis 20 %
- 2. Einzugsgebiet gut bis voll bewaldet: bis 10%
- 3. Einzugsgebiet sehr versickerungsfähig: bis 30 %

4. Geländebedingte Einflüsse: geringe Steilheit, mögliche geländebedingte Retention, langgestreckte Form des Einzugsgebiets: bis - 20 %

Für Einzugsgebietsgrößen $\leq 10~\rm km^2$ hat LÄNGER die 90% Hüllkurven nach WUNDT und HOFBAUER angepasst. Abbildung 2.11 zeigt eine Überschätzung der Hochwasserspitzen und deren Modifikation nach LÄNGER.

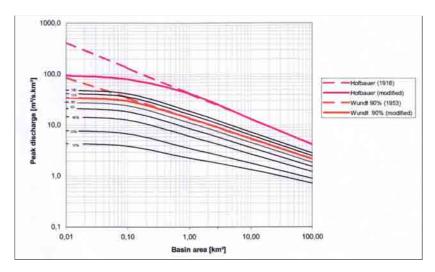


Abbildung 2.11: Modifizierte Hüllkurven nach LÄNGER

Kürsteiner

$$HQ = \alpha \cdot A_B^{2/3} \tag{2.8}$$

HQ ...Abflussspitze in m^3/s

 A_B ...Einzugsgebietsfläche in km²

 α ...Adaptionskoeffizient

Nachstehende Tabelle 2.3 gibt einen Überblick über die Wahl des Adaptionskoeffizienten.

Die Formel nach KÜRSTEINER ist für Einzugsgebiete $\geq 2 \text{ km}^2$ gültig.

Tabelle 2.3: Adaptionskoeffizienten

| EZG - Charakteristik | HQ_{100} | HQ_{50} |
|---|------------|--------------------|
| Ebene oder hügelige Oberfläche, | | |
| reich an Vegetation und aufnahmefähigem Boden | 9 | 5 |
| Steiles Gelände mit spärlicher Vegatation | | |
| und undurchdringbarem Boden | 12 | 8 |

Erweiterte Formeln

MÜLLER

$$HHQ = \alpha \cdot 43 \cdot A_B^{2/3} \tag{2.9}$$

 $HHQ\dots$ Höchste mögliche Abflussspitze in m $^3/s$

 A_B ... Einzugsgebietsfläche in km^2

 α ... Adaptionskoeffizient

Die Formel nach MÜLLER ist eine modifizierte Form der MELLI - Formel. Die Adaptionskoeffizienten α gelten für Schweizer Gebirge.

Tabelle 2.4: Adaptionskoeffizienten nach MÜLLER, verändert

| Höhenlage | Vegetation/Soil | Neigung | |
|------------------|-------------------------------|------------------------|--|
| | | flach - mittel - steil | |
| Flächen über der | Spärliche Vegetation, | | |
| Waldgrenze | Fels | 0,4 - 0,6 - 0,8 | |
| | | | |
| Flächen in Höhe | | | |
| der Waldgrenze | Sträucher | 0.3 - 0.5 - 0.7 | |
| | | | |
| Flächen unter | | | |
| der Waldgrenze | Wald ohne Kronenschluss | 0,2 - $0,4$ - $0,6$ | |
| | Jungwald, Grasland und Felder | 0,1 - $0,3$ - $0,5$ | |
| | Wald | 0,1 - $0,2$ - $0,4$ | |
| | Altwald | 0,05 - 0,15 - 0,3 | |
| | | | |

Laufzeitverfahren

Verfahren nach Zeller (1974)

In seinem Bericht zu Starkniederschlägen und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse geht Zeller davon aus, dass eine Abflussspitze in weiterer Folge HQ_{max} [m³] dann erreicht wird, wenn die Regendauer t_R [min] der totalen Laufzeit t_{tot} [min] eines Wasserteilchens vom zeitlich entferntesten Punkt des EZG entspricht $t_R = t_{tot}$. Die totale Laufzeit setzt sich aus der Laufzeit des oberflächlich abfließenden und des oberflächennahen Abflusses, kurz Laufzeit des Oberflächenabflusses t_{OB} [min], sowie die Laufzeit im Gerinne t_G [min] zusammen.

$$t_{tot} = t_{OB} + t_G \tag{2.10}$$

Oberflächenabfluss Der Oberflächenabfluss setzt je nach Bodenbeschaffenheit kurz nach dem Starkregen ein, bis ein Maximalwert erreicht wird. Bei konstanter Regenintensität stellt sich ein konstanter Abfluss ein, der sich nach dem Regenereignis wieder abbaut. Abbildung 2.12 zeigt eine Trapezganglinie, die unter standardisierten Bedingungen einem tatsächlichen Abflussereignis an der Oberfläche entspricht.

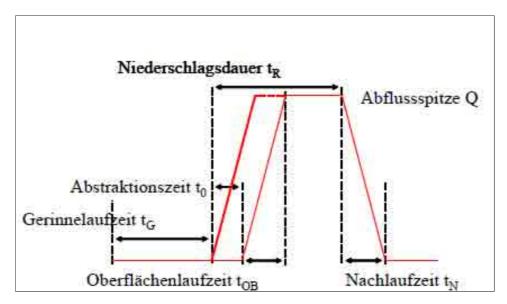


Abbildung 2.12: Abflussereignis als Trapezganglinie

Der Abflussvorgang an der Oberfläche lässt sich nach IZZARD (1946) berechnen. Das Ergebnis entspricht der Zeit bis sich Q_{OBmax} einstellt (Anlaufzeit). Da es sehr lange dauert, bis eine Q_{OBmax} erreicht wird, schlägt der Autor Q_{OB} als 97% von Q_{OBmax} vor.

$$t_{OB} = \frac{527 \cdot c \cdot L_{OB}^{1/3}}{J_{OB}^{1/3} \cdot (C \cdot i_T)^{2/3}}$$
 (2.11)

 t_{OB} ... Anlaufzeit in Minuten

c ... Wasserabflusskoeffizient

 ${\cal C}$... Wasserverlustkoeffizient = totaler Abfluss des Hochwassers: totale Regenmenge N

 $L_{OB}\;$... Weglänge des gerinnelosen Abflusses in m

 J_{OB} ... Mittlere Hangneigung als Absolutwert

 i_T ... Mittlere Regenintensiät der Wiederkehrperiode in mm/h

Die Gleichung zeigt, je größer die Intensität ist, desto geringer die Anlaufzeit und je größer das Gefälle desto schneller kommt es zum Abfluss. Wobei die Weglänge des oberflächlichen Abfluss sowie der C - Wert das Ergebnis maßgebend beeinflussen können. Voraussetzung für die Verwendung dieser Formel ist die konstante Intensität der Beregnung. Weiters ist sie nur für Starkregen geeignet.

Gerinneabfluss Die Gerinnelaufzeit ist jene Zeit, die Wasser vom Gerinneanfang bis zur Beobachtungsstelle benötigt. Bei einer Hochwasserwelle handelt es sich um einen instationären Vorgang. Die Erfahrung zeigt nach Zeller (1974), dass für kleine Einzugsgebiete mit den üblichen Mitteln der Gerinnehydraulik gerechnet werden kann. Die Laufzeit beträgt für:

Kleine Gerinne

$$t_G = \frac{L_G}{v} \tag{2.12}$$

Größere Gerinne mit Zubringer

$$t_G = \sum_{i=1}^n t_{Gi} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{Gi}}{v_i}$$
 (2.13)

 L_G ... Gerinnelänge in m

 t_G ... Gerinnelaufzeit in min.

v ... Fließgeschwindigkeit nach Strickler: $v = k_{St} \cdot R^{2/3} \cdot J_e^{1/2}$ in m/s

 k_{St} ... Stricklerbeiwert m^{1/3}/s R ... Hydraulischer Radius in m

 J_e ... Energieliniengefälle

Bestimmung des Abflussmaximums mit Hilfe der Laufzeitmethode - Ablaufschema Wie bereits erwähnt, basiert das Laufzeitverfahren nach Zeller (1974) auf der Annahme, dass ein Starkregen mindestens so lange andauern muss, bis das zeitlich entlegenste Teileinzugsgebiet voll anspricht und dieses Wasser am Beobachtungspunkt eintrifft. Unter der Voraussetzung es handelt sich um eine konstante Regenintensität, die gleichmäßig über das Gebiet verteilt ist.

Nun beschreiben die nachfolgenden Punkte die Vorgehensweise zur Berechnung eines maximalen Hochwasserabflusses HQ_{max} .

- 1. Herstellung einer Regenintensitäts-Regendauer Beziehung einer bestimmten Jährlichkeit.
- 2. Berechnung der Anlaufzeit für das zeitlich entlegenste Teileinzugsgebiet
- 3. Berechnung der Gerinnelaufzeit
- 4. Das Ergebnis ist die totale Laufzeit, die kürzer oder länger als die zur Regenintensität gehörende Regendauer ist.
- 5. Wiederholung der Schritte 1 bis 4 bis t_{tot} [min] der Regendauer t_r [min] entspricht.

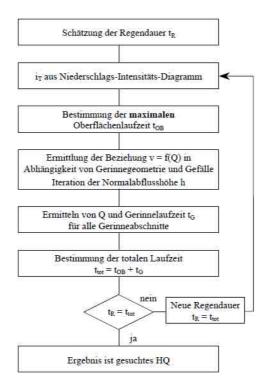


Abbildung 2.13: Berechnungsgang der Laufzeitmethode nach ZELLER (1974)

Deterministische Modelle (NA-Modelle) "Hydrologische Modelle zur Abflussberechnung vereinfachen die natürlichen Zusammenhänge mehr oder weniger stark. Somit beschreibt ein mathematisches Modell prinzipiell einen Prozess, den es in der Natur nicht gibt. Daher ist es grundsätzlich unmöglich, mit Hilfe eines Modells gesicherte Aussagen über das Verhalten der Natur zu erlangen" (KIRNBAUER, 2003, S.P.).

Im Folgenden werden die NA-Modelle nach zwei Kriterien nach KIRN-BAUER (2003) unterschieden. a) nach der Detailliertheit der Unterteilung des Einzugsgebietes und b) nach der Detailliertheit der Beschreibung der Prozesse.

Detailliertheit der Unterteilung des Einzugsgebietes

Blockmodelle Bei den Blockmodellen wird das gesamte Einzugsgebiet als hydrologisch homogen betrachtet. Die Kalibrierung erfolgt anhand

der, im Einzugsgebiet gemessenen Daten. Daher ist das Modell auf das beobachtete Gebiet beschränkt. Die Modelle sind robust und bedürfen kurzer Rechenzeiten.

Isochronenmodelle Bei diesen Modellen wird das Einzugsgebiet in Streifen gleicher Laufzeit unterteilt. Dies erfordert eine genaue Kenntnis der Abflussbildung. Die Erhebung der Fließzeiten ist für jeden Bemessungsregen neu zu erstellen. Das Modell verlangt mäßige Parameter.

Hydrotopmodelle Bei diesem Modelltyp wird das Einzugsgebiet in Flächen gleicher, sehr ähnlicher hydrologischer Gebiete unterteilt. Für die unterschiedlichen Hydrotope werden jeweils unterschiedliche Modelle (gleicher Modelltyp mit unterschiedlichen Parametersätzen oder unterschiedlichen Modelltypen) angesetzt.

Flächendetaillierte Modelle Bei den flächendetaillierten Modellen wird das Einzugsgebiet in kleine Teilflächen zerlegt (Rechtecks- oder Dreiecksnetz). Es ist keine Kalibrierung des Modells notwendig. Daher ist es universell einsetzbar. Ein großer Vorteil gegenüber den anderen Modellen, ist die sehr detaillierte Betrachtungsweise. Diesem Vorteil stehen einige Nachteile gegenüber. Neben den hohen Anforderungen an die Modellparameter sind die Modellergebnisse nur mit hohem Aufwand überprüfbar. Es bedarf eines Spezialisten, meist dem Programmierer des Modells selbst, das Modell zu durchschauen. Weiters sind lange Rechenzeiten, je nach Rechenalgorithmus, zu erwarten.

Detailliertheit der Beschreibung der Prozesse

Stochastische Modelle Nach Maniak (1997) werden statistische oder stochastische Modelle, die vom Parameter Zeit abhängen, bevorzugt eingesetzt, wenn der gesamte Komplex der Parameter schwer absehbar und messbar ist. Die Modelle verzichten auf jegliche physikalische Interpretierbarkeit und bauen auf der statistischen Beschreibung beobachteter Zeitreihen auf.

Systemmodelle Systemmodelle sind rein empirischer Natur. Die Kalibrierung erfolgt anhand von Beobachtungsdaten. Sie werden vorwiegend mit Blockmodellen kombiniert. Die Anforderung an die Parameter ist gering.

Konzeptmodelle Bei der Anwendung von Konzeptmodellen wird die Wirkung bestimmter Systeme beschrieben, wobei die Teilprozesse berücksichtigt werden. Anwendung findet die Kontinuitätsgleichung. Die Kalibrierung der Parameter erfolgt anhand der Beobachtungsdaten. (vgl. MANIAK, 1997, S. 233)

Physikalische oder physikalisch basierte Modelle Bei den physikalisch basierten Modellen werden die einzelnen, im Gebiet ablaufenden Prozesse durch mathematische Formulierungen beschrieben. So ist die Kenntnis der Grundgleichungen für Infiltration, die Richardsgleichung für die Wasserbewegung in der ungesättigten Zone, das Darcy'sche Gesetz für die Grundwasserbewegung sowie die Saint- Venant-Gleichungen für den Oberflächenabfluss) Voraussetzung. Physikalisch basierte Modelle benötigen keine Kalibrierung. Sie sind also universell einsetzbar. Die Anforderungen an die Parameter sowie deren Bestimmung sind sehr hoch.

So gibt Gutknecht im Taschenbuch der Wasserwirtschaft (Lecher, 2001) vortrefflich wieder: "Je mehr Aspekte und je mehr Parameter in das Modell aufgenommen werden, umso mehr kann das Modell den realen, komplexen Verhältnissen im Prinzip gerecht werden, umso mehr steigen aber auch die Anforderungen bezüglich Umfang, Güte und Aussagekraft der Daten."

NA-Modelle im Einsatz der WLV

ZEMOKOST Beim Programm ZEMOKOST handelt es sich um ein Laufzeitverfahren nach ZELLER (1974) modifiziert durch KOHL und STE-PANEK (2004). Nach der oben angeführten Einteilung kann ZEMOKOST als konzeptionelles Hydrotopmodell angesehen werden. Eine genauere Erklärung des Aufbaus erfolgt in Abschnitt 4.1.

Grundlegende, in der Praxis erworbene Erkenntnisse über Abflussbeiwerte und Niederschlagsdaten haben die Autoren dazu bewegt, das Konzept von Zeller (1974) weiterzuentwickeln. Dabei haben sich drei Modifikationen ergeben.

 "Erkenntnisse aus der Praxis zeigen, dass die Annahme, das am entferntesten liegende Teileinzugsgebiet bestimme die Konzentrationszeit und damit die maßgebende Regendauer, nicht generell zutrifft." (KOHL und STEPANEK, 2004, s.p.) Im Programm ZEMOKOST wird dies durch die Verwendung von Niederschlagsereignissen unterschiedlicher Dauerstufen mit einer bestimmten Jährlichkeit gelöst. Als maßgebende Regendauer wird jene angesehen, die den höchsten Abfluss HQ_{max} [m³] generiert.

2. Berücksichtigung der Anfangsverluste (Initialabstraktion). Laut Definition ist die Abstraktionszeit jener Zeitraum, der von Beginn des Niederschlagsereignisses verstreicht, bis der erste Oberflächenabfluss einsetzt (vgl. Abbildung 2.12). Im Modellansatz nach Zeller (1974) ist die Initialabstraktion als Reduktionsfaktor im Wasserverlustkoeffizient C enthalten. Im Gegensatz dazu verwendet Zemokost den Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz ψ_{const} . Es konnte anhand von annähernd 200 Niederschlagssimulationen an 128 verschiedenen Standorten, durchgeführt vom Institut für Wildbach- und Lawinenforschung, ein Zusammenhang zwischen Initialabstraktion und Abflussbeiwert nach Abflusskonstanz ψ_{const} nachgewiesen werden. In der nachfolgenden Abbildung 2.14 ist dieser Zusammenhang ersichtlich.

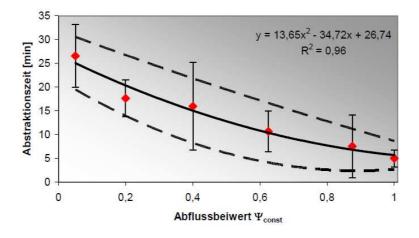


Abbildung 2.14: Zusammenhang zwischen Abstraktionszeit t_0 [min] und Abflussbeiwert bei Sättigung ψ_{const}

Die dargestellten Linien zeigen die unterschiedlichen Vorbedingungen der Böden bei Versuchsdurchführung. Die strichlierten Linien grenzen jenen Bereich ein, in dem 95 % der Werte liegen. Wobei die obere Grenze (Best-Case-Szenario) extrem gute und die untere Grenze das Worst-Case-Szenario mit extrem schlechten Vorbedingungen kennzeichnet.

"Hochwasserberechnungen sollten jedoch für das jeweils zu beurteilende Einzugsgebiet auf ein realistisches Worst-Case - Ereignis (mittlere Linie) ausgerichtet sein" (KOHL und STEPANEK, 2004, s.p.).

3. Die für den Abfluss im Gerinne angenommene Gleichung nach STRICKLER wurde in ZEMOKOST durch die (1996) entwickelte Abflussformel nach RICKENMANN ersetzt. Die Gleichung basiert auf 365 Naturdaten und ist für Gefälle im Bereich von 0,001 bis 0,8 % und von 0,8 - 63 % anwendbar.

Für Sohlgefälle von 0,001 - 0,8 %

$$v = \frac{0.96 \cdot g^{0.36} \cdot Q^{0.29} \cdot J^{0.35}}{d_{90}^{0.23}}$$
 (2.14)

Für Sohlgefälle von 0.8 - 63%

$$v = \frac{0,37 \cdot g^{0,33} \cdot Q^{0,34} \cdot J^{0,20}}{d_{90}^{0,35}}$$
 (2.15)

g ... Erdbeschleunigung in m/s²

Q ... Abfluss in m^2/s

J ... Sohlgefälle

 d_{90} ... Korngröße des Materials, bei dem 90 % feiner sind in mm

v ... Geschwindigkeit in m/s

2.2 Feststofftransport in alpinen Einzugsgebieten

Zu den Feststoffen zählen alle festen Stoffe, die vom Wasser transportiert und abgelagert werden. Dabei wird zwischen

- Schwimmstoffe
- Schwebstoffe und
- Geschiebe

unterschieden.

2.2.1 Schwimmstoffe

Nach ÖN B2400 (2004) handelt es sich um jene festen Stoffe, die auf der Wasseroberfläche oder im Wasser schwimmen, ausgenommen Eis.

Vorwiegend ist dies organisches Material wie Wasserpflanzen oder Baumstämme. Je nach Art und Herkunft wird zwischen Wild-, Tot-, Alt-, Lawinenoder Nutzholz unterschieden. Beim Transport von Holz im Wasser wird von Schwemm-, Un- oder Schadholz gesprochen. Schwemmholz ist in Bezug auf die Hochwassersicherheit in alpinen Einzugsgebieten der größte Unsicherheitsfaktor. Vor allem durch Verklausungen kommt es häufig zu Bachaustritten mit erheblichen Schäden.

2.2.2 Schwebstoffe

Neben den gelösten Stoffen machen die Schwebstoffe den größten Anteil an den Feststoffen aus. Laut ÖN B2400 (2004) sind Schwebstoffe im Wasser in mehr oder weniger gleichmäßiger Verteilung durch Turbulenz in Schwebe gehaltene feste Stoffe. Schwebstoffe entstehen durch Geländeerosion infolge starker Niederschläge, verbunden mit Oberflächenabfluss. Sie verteilen sich über den gesamten Wasserkörper. Ihre Konzentration nimmt von oben nach unten zu. Die graphische Darstellung erfolgt ähnlich der Kornverteilungslinie des Geschiebes. Die Erfassung des Schwebstoffgehalts kann direkt durch die Entnahme von Wasserproben oder indirekt durch Messung der Trübung erfolgen (VGL. FÜRST, 2008). Eine näherungsweise Abgrenzung von Schwebstoffen zum Geschiebe wird über Gleichung 2.16 hergestellt. Dabei ist v_m die mittlere Geschwindigkeit in m/s und d_{Gr} der Grenzdurchmesser in m.

$$d_{Gr} = \frac{v_m^2}{360 \cdot g} \tag{2.16}$$

2.2.3 Geschiebe

Unter Geschiebe werden jene vom fließenden Wasser auf oder nahe der Gewässersohle gleitend, rollend oder springend fortbewegte Gesteinsteile verstanden. Je nach Höhe des Abflusses findet in Wild- und Gebirgsbächen ein selektiver Geschiebetransport statt, der für die Ausbildung einer Deckschicht maßgebend ist. Feinere Kornfraktionen werden ausgewaschen und übrig bleiben gröbere Fraktionen mit erhöhter Stabilität. Die Deckschicht dient als Erosionsschutz der darunterliegenden Schichten. Kennzeichnend ist eine große Spanne der Korngrößenverteilung. Die Gewässersohle und das Gewässerufer stellen den abfließenden Wasser einen Wiederstand entgegen. Die auf das Gewässerbett wirkende Reibungskraft pro Flächeneinheit wird als Schleppspannung bezeichnet.

$$\tau = \rho \cdot g \cdot R \cdot I \tag{2.17}$$

Dabei bezeichnet τ [N/m²] die Schleppspannung oder Sohlschubspannung, ρ [kg/m³] die Dichte Wasser R [m] den hydraulischen Radius und I das Gefälle.

Beginn der Sedimentbewegung nach Shields

SHIELDS führte (1936) das Konzept des Shields-Faktors ein, der von der Schleppspannung τ [N/m²], dem Korndurchmesser d [m], der Gerinneneigung I, und der Sediment- ρ_s [kg/m³m] und Wasserdichte ρ abhängig ist. Die Sedimentbewegung tritt ein, wenn der kritische Shields - Parameter überschritten wird.

Für die Berechnung des Geschiebetransports werden Kennzahlen, die die Materialeigenschaften beschreiben, benötigt. Folgender Ablauf beschreibt den heute noch immer verwendeten Ansatz.

Sedimentologischer Korndurchmesser

$$D^* = \left[\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \cdot \frac{g}{v^2} \right]^{1/3} \cdot d_m \tag{2.18}$$

 D^* ... Sedimentologischer Korndurchmesser in m

 ρ_s ... Korndichte des Sediments in kg/m³

 ρ ... Dichte des Wassers in kg/m³

g ... Erdbeschleunigung in m/s²

v ... kinematische Viskosität des Wassers in ${\rm N{\cdot}s/m^2}$

 d_m ... charakteristischer mittlerer Korndurchmesser in m, entspricht bei gleichförmigem Sediment dem d_{50}

Kritische Shieldsspannung τ_c^* Für die praktische Nutzung empfiehlt Zanke in Lecher (2001) die Annäherung an die Shields-Kurve

Tabelle 2.5: Annäherung an die Shields-Kurve

Kritischer Shields - Parameter - Mobilisierungsbeginn Der Shields-Parameter errechnet sich wie folgt:

$$\Theta_{cr} = \frac{\tau_{cr}^*}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot d_m} \tag{2.19}$$

Nach SHIELDS nimmt die kritische Sohlschubspannung Θ_{cr} für hydraulisch raue Sohlen den konstanten Wert von 0,05 an. MEYER-PETER AND MÜLLER (1949) ermittelten für ungleichförmige Korngrößenverteilungen den konstanten Faktor 0,047. Dieser gilt für einen Neigungsbereich bis 2,3 % und einer hohen relativen Überdeckung > 10 cm.

Beginn der Sedimentbewegung nach Bathurst et al. (1987)

Gleichung 2.20 basiert auf Felduntersuchungen und wurde von RICKEN-MANN (1990A) geringfügig angepasst. Sie gibt Gerinnebedingungen ohne Deckschicht wieder. Wobei $s = \rho_S/\rho$ und S das Sohlgefälle ist.

$$q_c = 0,065 \cdot (s-1)^{1,67} \cdot g^{0,5} \cdot d_{50}^{1,5} \cdot S^{-1,12}$$
 (2.20)

Beginn der Sedimentbewegung nach Whittaker and Jäggi (1986)

Gleichung 2.21 basiert auf Blockrampen-Experimenten und verwendet d_{90} [m] als den charakteristischen Korndurchmesser. $s = \rho_S/\rho$, S = Sohlgefälle.

$$q_c = 0,143 \cdot (s-1)^{1,67} \cdot g^{0,5} \cdot d_{90}^{1,5} \cdot S^{-1,167}$$
 (2.21)

Geschiebetransport nach Einstein

Die Transportgleichungen können durch den Shields-Faktor Θ und den Einstein-Faktor Φ einheitlich dargestellt werden. Der spezifische Geschiebetransport q_B , also der Geschiebetransport bezogen auf einen Meter Gerinnebreite, wird nach Gleichung 2.24 berechnet.

Dimensionslose Sohlschubspannung

$$\Theta = \frac{h \cdot J}{\left(\frac{\rho_S - \rho}{\rho}\right)} \cdot d_m \tag{2.22}$$

Dimensionslose spezifische Geschiebetransportrate

$$\Phi = \frac{q_B}{\sqrt{\left(\frac{\rho_S - \rho}{\rho}\right) \cdot g \cdot d_m^3}} \tag{2.23}$$

Umrechnung in die spezifische Transportrate q_B

$$q_b = \Phi \sqrt{\left(\frac{\rho_S - \rho}{\rho}\right) \cdot g \cdot d_m^3} \tag{2.24}$$

 Θ ... Shields-Faktor

 Φ ... Einstein-Faktor

qB ... Spezifischer Geschiebetransport bezogen auf einen Meter Gerinnebreite

g ... Erdbeschleunigung in m/s²

 ρ_S ... Dichte Sohle in kg/m³

 ρ ... Dichte Wasser in kg/m³

 d_m ... charakteristischer mittlerer Korndurchmesser in m, entspricht bei gleichförmigem Sediment dem d_{50}

Geschiebetransport nach Meyer-Peter und Müller (1949)

Die nach MEYER-PETER AND MÜLLER (1949) entwickelte Gleichung 2.25 basiert auf Laborversuche. Sie ist für flache Gerinne von 0.04~% < I < 2.3~% anwendbar. (vgl. Friedl, 2004).

$$\Phi = 8 \cdot \left[\left(\frac{k_{St}}{k_S} \right)^{3/2} \cdot (\Theta - \Theta_{cr}) \right]$$
 (2.25)

Geschiebetransport nach Smart and Jäggi (1983)

SMART UND JÄGGI erweiterten den Gefällsbereich der MEYER-PETER UND MÜLLER - Gleichung auf 3 % < I < 20 % in kiesführenden Gerinnen bei $d_{90}/d_{30} \leq 10$.

$$q_b = 4 \cdot \left(\frac{\rho_S - \rho}{\rho}\right)^{-1} \cdot \left(\frac{d_{90}}{d_{30}}\right)^{0,2} \cdot q_r \cdot I^{1,6} \cdot \left(1 - \frac{\Phi_c^*}{\Phi^*}\right)$$
(2.26)

Geschiebetransport nach Rickenmann (1990a, 2001)

Für steile Gerinne 3 % < I < 20 % gibt RICKENMANN (990A) Gleichung 2.27 an. Für flacheres Gefälle und zum einfacheren Vergleich mit anderen Transportgleichungen gibt RICKENMANN (2001) Gleichung 2.28 an.

$$q_b = 12, 6 \cdot \left(\frac{d_{90}}{d_{30}}\right)^{0,2} \cdot (q - q_c) \cdot S^{2,0} \cdot (s - 1)^{-1,6}$$
 (2.27)

$$q_b = 3, 1 \cdot \left(\frac{d_{90}}{d_{30}}\right)^{0,2} \cdot (q - q_c) \cdot S^{1,5} \cdot (s - 1)^{-1,5}$$
 (2.28)

Ermittlung der Kornverteilung mittels Linienzahlanalyse

Linienzahlanalysen werden im Normalfall bei Niedrigwasser durchgeführt. Um systematische Fehler bei der Auswahl der zu untersuchenden Steine zu vermeiden, wird über die zu analysierende Deckschicht eine Schnur gespannt. Bei allen Steinen mit einem Durchmesser größer als 1 bis 2 cm, die sich unter dieser Schnur befinden, wird nun die mittlere Achse (b-Achse) gemessen. Die Steine werden in Durchmesserklassen eingeteilt und gezählt. Um eine gute Repräsentativität der Analyse zu gewährleisten, sollten im Minimum 150 Steine mit wenigstens 30 Steinen in der mittleren Klasse gezählt werden (VGL. FEHR, 1987). Gemäß Institut für Alpine Naturgefahren, BOKU Wien wird bei einem Minimum von 200 Steinen, bei 50 Steinen in der mittleren Klasse die Zählung beendet.

Bei der Linienzahlanalyse werden nur Grobfraktionen ab einem Durchmesser von 1 bis 2 cm berücksichtigt. Um auch die feineren Anteile zu berücksichtigen, schlägt Fuller eine ausreichend genaue Verteilung der Feinanteile vor. Die Vorteile der Linienzahlanalyse liegen in der raschen Erhebung der Korngrößen sowie einfache Handhabung ohne großem Materialoder Werkzeugeinsatz. Nachteile wie keine Erfassung der Feinanteile und keine Erfassung des Gewichts der Steine sollten beim Einsatz von numerischen Modellen unbedingt bedacht werden.

2.2.4 Geschiebetransportmodell SETRAC

Setrac ist das Akronym für Sediment Transport Model for Alpine Catchments. Es handelt sich hierbei um ein 1-D Sedimenttransportmodell für steile Gerinne entwickelt von Friedl (2004). Das Modell verwendet den Ansatz der kinematischen Welle. Die Terme der Diffusion und Konvektion der Saint-Venant-Gleichung werden hierbei vernachlässigt. Es können die Geschiebetransportgleichungen 2.27 und 2.28 mit den Gleichungen, die den Mobilisierungsbeginn 2.20 und 2.21 beschreiben, kombiniert werden.

Topologie

Das Gerinnemodell ist durch Knoten, Sektionen und Querprofilen definiert. Die Knoten besitzen XY-Koordinaten und stehen mit einem Querprofil in Verbindung. Jeder Knoten ist durch eine Sektion miteinander verbunden. Ein initialer Feststoffspeicher kann in den Sektionen definiert werden. Die Daten für die Querprofile stammen entweder aus terrestrischen Feldmessungen oder aus hochauflösenden Laserscandaten. In den Querprofilen wird für jeden gemessenen Stützpunkt einer der drei Gerinnetypen H für Gerinnebett, B für Bank und R für Gerinneufer, zugewiesen. Weiters beinhalten die Querprofildaten den Bezug zur Korngrößenverteilung. Charakteristische Korngrößen wie d_{90} , d_{50} und d_{30} werden benötigt.

Abflussganglinien

Die einzelnen Zubringer können den Querprofilen als Abflussganglinie direkt zugewiesen werden. Abflussganglinien werden bevorzugt aus NA-Modellen (siehe Abschnitt 2.1.5) gewonnen.

In gleicher Weise können Geschiebeganglinien, falls vorhanden, hinzugefügt werden. Liegen nur Abschätzungen der Geschiebespeicher vor, werden

diese, umgerechnet auf die Zubringerlänge und Gerinnebreite, als Initialspeicher angegeben.

Simulation und Ergebnisse

Nachdem in den Optionen Einstellung bezüglich Flowrouting, Feststoffeigenschaften, Diskretisierung sowie Exporteigenschaften angegeben wurden, kann die Simulation gestartet werden. Als Ergebnis liefert Setrac folgende Daten im txt-Format.

- Original Achshöhe
- Aktuelle Achshöhe
- Höchster Wasserstand
- Reinwasserabfluss
- Geschiebetransport
- Akkumulierter Geschiebetransport
- Verfügbares Geschiebe

Die Auswertung liefert ein Geschiebefrachtdiagramm sowie einen Längenschnitt mit Darstellung von Erosion und Auflandung.

Kapitel 3

Untersuchungsgebiet und Datengrundlage

3.1 Geographie

Der Goiserer Weißenbach befindet sich im südlichen Oberösterreich zwischen Bad Goisern und Bad Ischl. Er entspringt als Siebenwändegraben im Nordosthang des Hohen Plattenecks (1492 m) und fließt etwa 10 Kilometer in Richtung Osten, wo er im Bereich der Ortschaft Weißenbach (488 m) linksufrig in die Traun mündet.

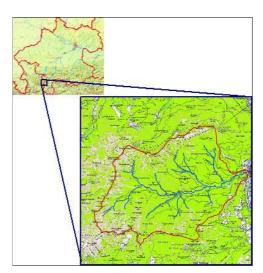
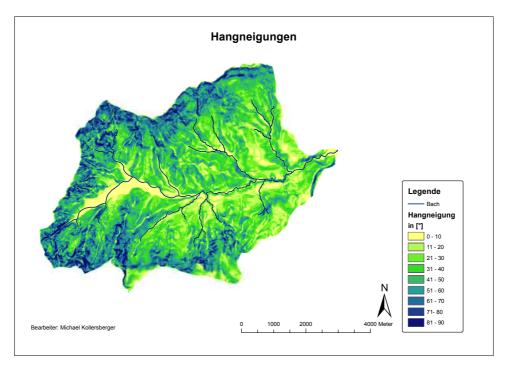


Abbildung 3.1: Geografische Lage des Bearbeitungsgebiets in Oberösterreich

3.2 Morphologie

Der Goiserer Weißenbach entwässert ein Gebiet von rund 39 km², wobei das Einzugsgebiet im Norden durch das Kater- und im Süden durch das Ramsaugebirge begrenzt wird. Es finden sich Erhebungen wie die Jochwand (800 m), der Sonnwendkogel (1638 m), der Wieskogel (1605 m), der Brettkogel (1658 m), der Jagerkogel (1842 m), das Hohe Platteneck (1492 m), der Bärenpfadkogel (1333 m), der Große Schoberstein (1368 m), Bergwerkskogel (1781 m), Sonntagskarkogel (1682 m), der Rosskopf (1657 m) sowie der Hainzen (1638 m) und das Katereck.

Vor allem in diesen Bereichen der Erhebungen finden sich Hangneigungen bis zu 80°. Entlang des Bachlaufs beträgt die Neigung zwischen 1° und 10°. (vgl. Abbildung 3.2). Die südlichen Bereiche zeigen nach Nord bis Nordwest hingegen sind die nördlichen Gebiete gegen Süden ausgerichtet.



 ${\bf Abbildung~3.2:}$ Übersicht über die Hangneigungen im Untersuchungsgebiet

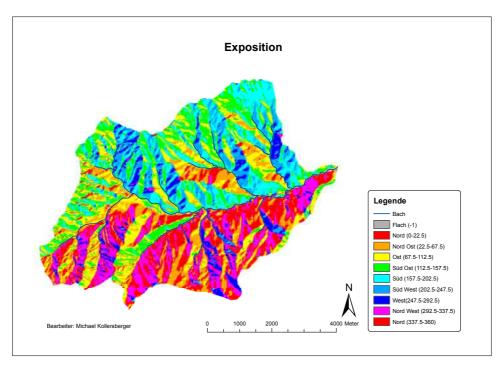


Abbildung 3.3: Übersicht der Expositionen im Untersuchungsgebiet

3.3 Geologie

Das Einzugsgebiet des Goiserer Weißenbachs ist Teil der nördlichen Kalkalpen. In der Zeitspanne Oberperm bis Alttertiär hat sich ein mehrere Kilometer dickes Gesteinpaket gebildet.

"Mengenmäßig dominieren heute die Karbonate der Triaszeit, da die jüngeren Schichten, während und nach der Emporhebung zum Gebirge auf weite Strecken der Verwitterung und Abtragung zum Opfer gefallen sind." (www.geologie.ac.at - Rocky Austria)

Den größten Anteil im EZG machen Wettersteindolomit und Ramsaudolomit aus. Der Wettersteindolomit wird als resistent gegenüber Erosion und Abtragung angesehen. Als Beispiel seien hier die schroffen Wände des Hohen Plattenecks genannt. Der Ramsaudolomit hingegen hat eine spröde Konsistenz und liegt meist brekziert vor. Es ist anzunehmen, dass der leicht verwitternde Ramsaudolomit Auslöser für das hohe Geschiebepotential ist. Im Verlauf der Gebirgsbildung mischte sich zum kalkigen Material toniges Material aus Verwitterungsprodukten. Als Beispiel seien hier die Raibler

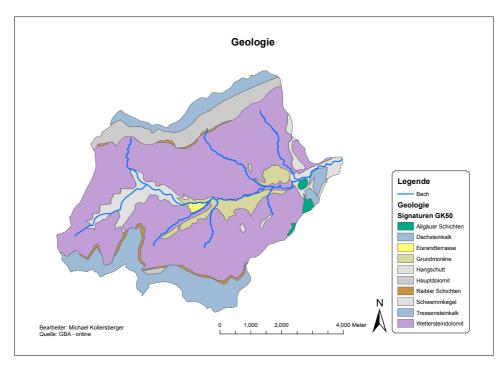


Abbildung 3.4: Geologische Übersicht des Untersuchungsgebiets

Schichten erwähnt, die alle Jahre einen beträchtlichen Anteil an Feinmaterial liefern. Im Norden sowie im Süden sind auf Abbildung 3.4 Hauptdolomit und Dachsteinkalk - Schichten zu erkennen. Entstanden sind diese Schichten im Obertrias (vgl. www.geologie.ac.at).

Die Transportvorgänge während der Eiszeiten haben im Bereich des gesamten Goiserer Weißenbaches eine große Menge an Hangschutt, Steinen und Kiesen hinterlassen, die ein enorm hohes Geschiebepotenzial darstellen. So befindet sich nach VAN HUSEN (1977) eine ca. 15 m mächtige, stark sandige Schluffschicht unterhalb der Chorinsky Klause (hm 47,40).

3.4 Landnutzung

Auf Basis des Corine - Landnutzungsdatensatzes Level 3, hat sich für das Einzugsgebiet des Goiserer Weißenbaches folgende Langnutzungsverteilung ergeben. Der größter Anteil mit rund 29 km² entfällt dabei auf die Kategorie WALD, wobei der Mischwald mit rund 15 km² in dieser Gruppe dominiert. Es folgt die Kategorie Fels mit spärlicher Vegetation mit rund 6,5 km² sowie die Kategorie Latschen mit 2,5 km². Eine Lockere Verbau-

UNG mit einer Fläche von rund 14 ha ist im Mündungsbereich des Goiserer Weißenbaches zu erkennen (vgl. Abbildung 3.5 sowie Tabelle 3.1).

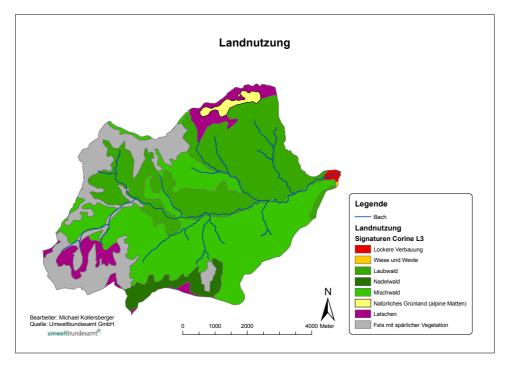


Abbildung 3.5: Übersicht der Landnutzung im Untersuchungsgebiet

Tabelle 3.1: Landnutzungsverteilung im Untersuchungsgebiet

| Code | Bezeichnung | Fläche in ha |
|------|--------------------------------|--------------|
| 112 | Lockere Verbauung | 14,60 |
| 231 | Wiese und Weide | 1,18 |
| 311 | Laubwald | 1288,89 |
| 312 | Nadelwald | 149,59 |
| 313 | Mischwald | $1491,\!37$ |
| 321 | Natürliches Grünland | 49,00 |
| 322 | Latschen | 247,33 |
| 333 | Fels mit spärlicher Vegetation | 659,00 |

3.5 Wasserwirtschaft

3.5.1 Schutzwasserwirtschaft

Bach- und Verbauungsgeschichte Die Chorinsky Klause bei hm 47.40 wurde 1809 erbaut und diente vor allem der Holztrifft. Im Jahre 1899 verlor sie durch großzügige Wegbauten ihre Bedeutung und wurde stillgelegt. Den Holzrechen in der Ortschaft Weißenbach ersetzte man nach den großen Hochwässern 1954 und 1959 durch Grundschwellen aus Zementmörtelmauerwerk. Im Jahre 1928 begann die Tätigkeit der Wildbach- und Lawinenverbauung. Nach der Erneuerung der Rubenkogelsperre bei hm 62.08 folgte bis in die 1970iger Jahre die Verbauung einzelner Seitengräben sowie die Regulierung im Mündungsbereich. 1993 wurde die, durch hydraulischen Grundbruch, beschädigte Rubenkogelsperre saniert. Nach dem Hochwasser 2002 folgten Sofortmaßnahmen zur Sicherung der Rubenkogelsperre, begleitend dazu wurde eine Geschiebedosier- und Wildholzrückhaltevorrichtung bei hm 14,0 errichtet (VGL. PÜRSTINGER, 2005).

3.5.2 Energiewasserwirtschaft

Im Mündungsbereich des Goiserer Weißenbaches finden sich Anrainer, die das Wasser des Baches energiewirtschaftlich nutzen.

Herr Johann Deubler betreibt einen Metallwaren Großhandel mit integrierter Metallwarenproduktion. Die ca. 30 Jahre alte Turbine hat eine Leistung von 25 kW. Das Nutzwasser wird ab dem Streichwehr in die Sandfänge gelenkt. Die Höhe zwischen Ober- und Unterwasser beträgt nach Angaben der Betreiber 3.0 m. Die Turbine kann an mehr als 180 Tagen im Jahr mit voller Leistung gefahren werden wobei der Einlauf hydraulisch ungünstig ist. Der erzeugte elektrische Strom wird großteils im eigenen Betrieb verwendet. Ein möglicher Überschuss wird ins lokale Netz eingespeist. Das Wasserrecht schreibt Herrn Deubler keinen Pflichtwasserabfluss vor.



Abbildung 3.6: "Deublerwehr"

Herr **Friedrich Aitenbichler** ist Unterlieger von Herrn Deubler und betreibt ebenfalls ein Kleinwasserkraftwerk zur Gewinnung von elektrischem Strom. Die Leistung seiner Turbine beträgt 35 kW. Die Pflichtwasserabgabe beläuft sich laut Wasserrechtsbescheid auf 50 l/s.

3.6 Hydrologie

3.6.1 Allgemein

Der Goiserer Weißenbach entspringt als Siebenwändegraben im Nordosthang des Hohen Plattenecks. Nach etwa 3 Kilometer stößt der Hauptbach (Traunbach) auf den Bergwerksbach mit seinen Zubringern, dem Hennersteig- und Schobersteingraben. Nach weiteren 2 Kilometer stößt der Brunntalgraben linksufrig in den Hauptbach ein. Auf Höhe der Chorinsky Klause mündet der Knallbach rechtsufrig in den Traunbach. Weitere bedeutende Zubringer linksufrig sind der Dürren- und der Schwarzenbach. Rechtsufrig kommen die Kirchlochgräben und der Tiefenbach hinzu.

3.6.2 Einzugsgebiete und Teileinzugsgebiete

Wie bereits unter Abschnitt 3.2 erwähnt, entwässert der Goiserer Weißenbach ein Gebiet von rund 39 km². Bei der Erstellung von Einzugsgebieten ist wegen der Übersichtlichkeit eine Generalisierung der Zubringer vorgenommen worden. Es finden sich in den weiteren Analysen die Bäche,

- Traunbach und Bergwerksbach
- Knallbach
- Kirchlochgräben
- Dürrenbach
- Tiefenbach und
- Schwarzenbach,

die jeweils ein Teileinzugsgebiet (TEZG) entwässern. Unter Zuhilfenahme der GIS - Software ArcGIS 9.2 konnte aus Höhenschichtlinien ein digitales Höhenmodell erstellt werden. Dieses Höhenmodell mit einer Auflösung von 5 m bot die Grundlage für weitere Analysen mit den ArcHydro - Tools.

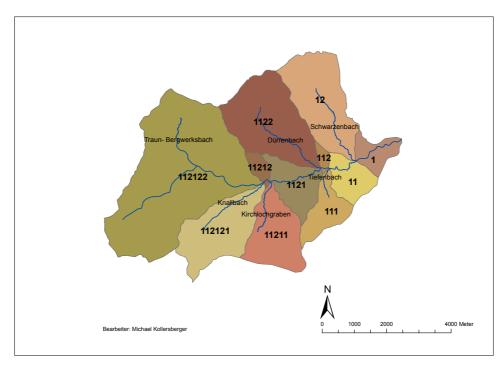


Abbildung 3.7: Einzugsgebiet und Teileinzugsgebiete des Goiserer Weißenbaches

3.6.3 Niederschlag

Im Umkreis von 10 km stehen 6 hydrographische Messstationen für eine statistische Auswertung von Niederschlägen zur Verfügung (vgl. Abbildung 3.8). Ihre Betreiber sind die Zentralanstalt für Meteorologie (ZAMG) und der hydrographische Dienst in Oberösterreich (HD OÖ).

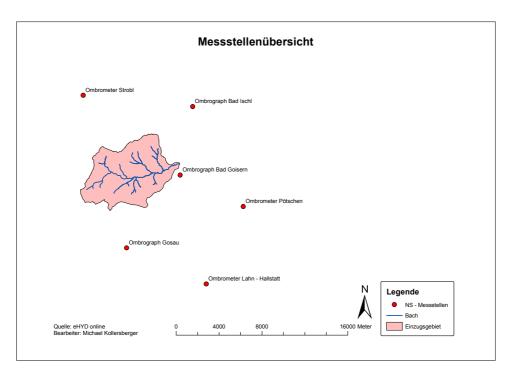


Abbildung 3.8: Übersicht der Niederschlagsmessstellen

Tabelle 3.2 gibt einen Überblick über die Messstationen, deren Betreiber sowie deren zeitlicher Auflösung.

Tabelle 3.2: Überblick der Niederschlags-Messstationen

| Name | Seehöhe | Betreiber | Errichtungs- | zeitl. | |
|-------------------------|----------|------------|--------------|------------|--|
| | in m.ü.A | | jahr | Auflösung | |
| Bad Ischl | 469 | ZAMG | 1893 | 10 Minuten | |
| Bad Goisern | 504 | ZAMG | 1895 | 10 Minuten | |
| Bad Goisern | 505 | $_{ m HD}$ | 1895 | 15 Minuten | |
| Gosau | 765 | $_{ m HD}$ | 1880 | 15 Minuten | |
| Lahn - Hallstatt | 510 | $_{ m HD}$ | 1929 | 24 Stunden | |
| Pötschen | 1000 | $_{ m HD}$ | 1945 | 24 Stunden | |
| Strobl | 540 | $_{ m HD}$ | 1901 | 24 Stunden | |

Auswertungen der Niederschlagsaufzeichnungen

Auf Basis der Daten des hydrographischen Dienstes sowie der hydrographischen Jahrbücher wurden für die Messstellen Bad Goisern, Bad Ischl, Go-

sau, Lahn-Hallstatt und Pötschen der Jahresgang, die Anzahl der Monate mit den höchsten Niederschlägen im Jahr, sowie die höchsten Tagesniederschläge im Jahr ausgewertet. Weiters zeigen die Abbildungen 3.9 und 3.10 eine extremwertstatistische Auswertung der Messdaten für die Monats- und Tagessummen bei einer Jährlichkeit von T=150. Es sind vor allem vor dem 2. Weltkrieg Messlücken ersichtlich. Die Trendlinie ist daher für die Zeit ab 1948 eingefügt worden.

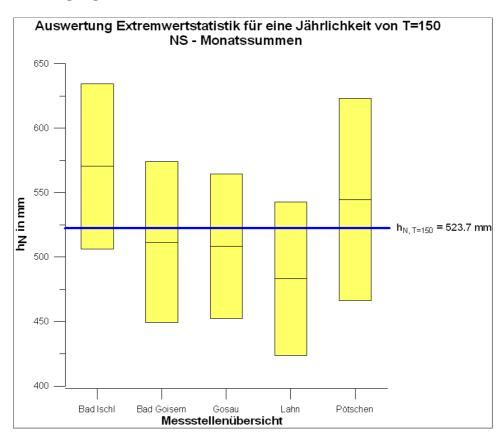


Abbildung 3.9: Übersicht 150-jährlicher Monatsniederschlag

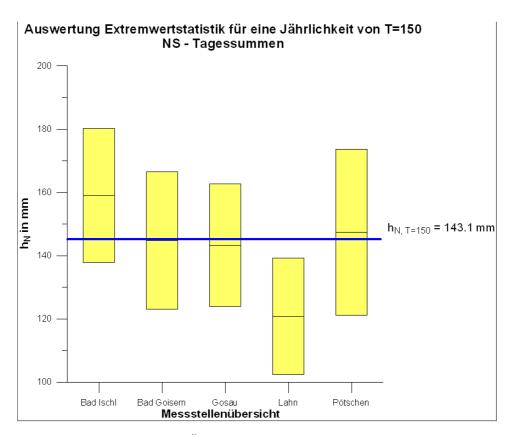
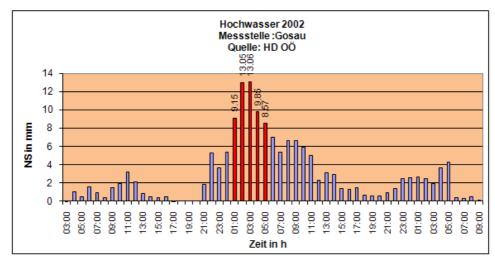
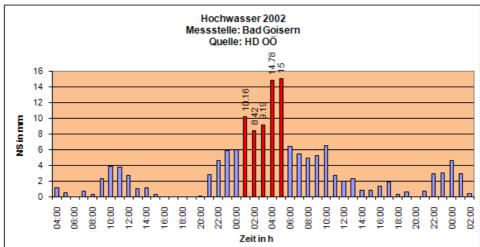


Abbildung 3.10: Übersicht 150-jährlicher Tagesniederschlag

Auswertung des Niederschlagsereignisses im August 2002

Am 11. und 12. August 2002 kam es infolge starker, langandauernder Niederschläge in der Region Salzkammergut zu massiven Hochwässern. Die Folge waren Bachaustritte und die damit einhergehenden Schäden an privaten Gebäuden und Infrastruktur. An den Messstellen in Bad Goisern und Gosau (ZAMG und HD) wurden die in Abbildung 3.11 ersichtlichen Niederschläge gemessen. Die Niederschläge zwischen 01:00 und 05:00 MEZ am 12. August 2002 wurden als auslösende Niederschläge angenommen. Neben den konventionellen Stationsmessungen wurden Radar- und INCA-Daten herangezogen. Wie bereits im Abschnitt 2.1.1 erläutert, handelt es sich hierbei um Niederschlagsmessungen mittels Fernerkundung. Tabelle 3.3 gibt eine Übersicht über die Stations-, Radar- und INCA-Auswertung der Niederschlagsdaten.





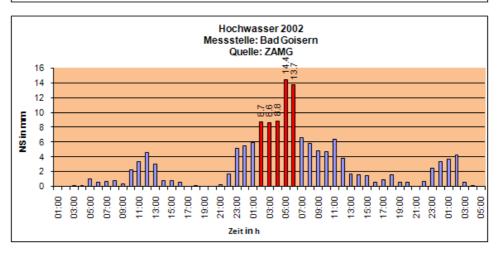


Abbildung 3.11: Stundenniederschläge vom 11., 12. und 13. August 2002 der angrenzenden Messstationen Gosau und Bad Goisern

Tabelle 3.3: Übersicht über die vorhandenen Niederschlagsdaten und deren Mittelwerte

Bad Goisern Hydrographischer Dienst

| Datum | Uhrzeit | NS Station | NS Radar | NS INCA |
|-------------------------------|---------|------------|----------|---------|
| | (h) | (mm) | (mm) | (mm) |
| 12.08.02 | 01:00 | 10,2 | 2,7 | n.v |
| 12.08.02 | 02:00 | 8,4 | 2,7 | $4,\!5$ |
| 12.08.02 | 03:00 | 9,2 | 2,7 | $4,\!5$ |
| 12.08.02 | 04:00 | 14,8 | 2,7 | $5,\!5$ |
| 12.08.02 | 05:00 | 15,0 | 5,0 | 8,9 |
| Mittelwert | | 11,5 | 3,2 | 5,9 |
| Bad Goisern ZAMG | | | | |
| 12.08.02 | 02:00 | 8,7 | 2,7 | 4,5 |
| 12.08.02 | 03:00 | 8,6 | 2,7 | 4,5 |
| 12.08.02 | 04:00 | 8,8 | 2,7 | $5,\!5$ |
| 12.08.02 | 05:00 | 14,4 | 5,0 | 8,9 |
| 12.08.02 | 06:00 | 13,7 | n.v. | 7,8 |
| Mittelwert | | 10,8 | 3,3 | 6,2 |
| Gosau Hydrographischer Dienst | | | | |
| 12.08.02 | 01:00 | 9,2 | 2,7 | n.v. |
| 12.08.02 | 02:00 | 13,1 | 2,7 | $4,\!5$ |
| 12.08.02 | 03:00 | 13,1 | 15,0 | $4,\!5$ |
| 12.08.02 | 04:00 | 9,9 | 2,7 | 5,5 |
| 12.08.02 | 05:00 | 8,6 | 2,7 | 8,9 |
| Mittelwert | | 10,7 | 5,2 | 5,9 |

3.6.4 Interzeption und Evapotranspiration

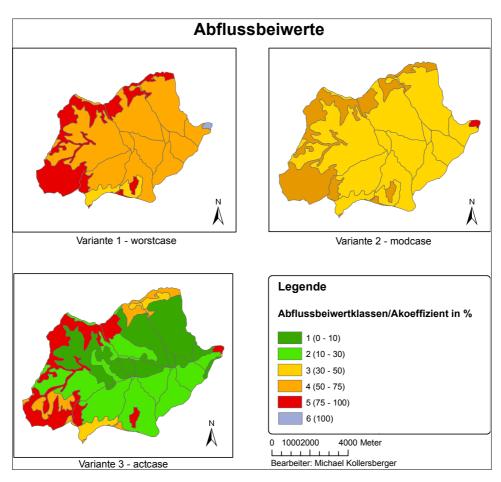
Die Interzeption ist von den zwei Faktoren Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur abhängig. Die Lufttemperatur spielt nur bei niedrigen Intensitäten eine Rolle. Je höher die Windgeschwindigkeit, desto geringer wird die Interzeption (VGL. AOKI, 2003). Laut KOHL und STEPANEK (2004) sind Evaporation und Transpiration im Ereignisfall unwirksam, da eine gesättigte Luft nur mehr wenig aufnahmefähig ist. Im Folgenden wird angenommen, dass konvektive Starkniederschläge hohe Windgeschwindigkeiten und eine Luft mit 100%iger Luftfeuchte mit sich ziehen und so Interzeption und Evapotranspiration auf ein Minimum reduzieren.

3.6.5 Infiltration

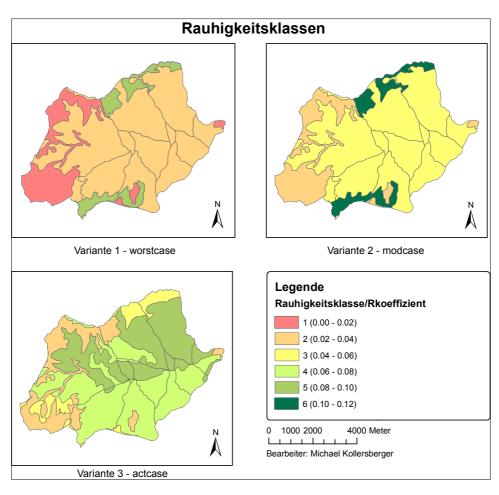
Wie im Abschnitt 2.1.5 beschrieben, konnte für alpine Einzugsgebiete anhand von etwa 200 Beregnungsexperimenten ein Zusammenhang zwischen Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz ψ_{const} und der Abstraktionszeit t_0 hergestellt werden (vgl. Abbildung 2.14). Diese Faktoren hängen im Wesentlichen von der Infiltrationskapazität des Bodens ab. Die Abschätzung der Abfluss- und Oberflächenrauhigkeitsbeiwerte im Einzugsgebiet erfolgte anhand der Geländeanleitung für Praktiker (MARKART ET AL., 2004). Im Bearbeitungsgebiet liegen weder von der Bundesforste AG, noch seitens der Österreichischen Bodenkarte, Informationen über den Bodenaufbau vor.

In Anlehnung an den Corine - Datensatz wurde die Abschätzung der Abfluss- und Oberflächenrauhigkeitsbeiwerte durch punktuelle Felderhebungen (mindestens eine pro Kategorie) verfeinert. Für eine genauere Erhebung der Bodeneigenschaften empfiehlt es sich, einen 100 m Raster über das Gebiet zu legen und mittels Bohrstockproben und Anlage von Profilgruben umfangreichere, bodenkundliche Informationen zu sammeln.

Die Abbildungen 3.12 und 3.13 zeigen die Varianten "worstcase" - "modcase" und "actcase", wobei die Variante "worstcase" den jeweils ungüstigeren Abflussbeiwert nach Markart et al. (2004) und die Variante "modcase" jeweils den günstigeren Abflussbeiwert darstellt. Die Variante "actcase" ist durch die Felderhebungen verfeinert.



 ${\bf Abbildung~3.12:}$ Abflussbeiwerteklassen - Varianten: worstcase - modcase - act
case



 ${\bf Abbildung} \quad {\bf 3.13:} \quad {\bf Oberfl\"{a}chenrauhigkeitsbeiwerteklassen} \quad {\bf -} \quad {\bf Varianten:} \\ {\bf worstcase - modcase - actcase} \quad {\bf -} \quad {\bf Varianten:} \\ {\bf -} \quad {\bf$

Tabelle 3.4: Abflussbeiwerteklassen - Varianten: Flächen und deren Anteile

| Variante 1 - "worstcase" | Fläche | Anteil |
|--------------------------|--------|----------|
| Abflussklasse | (ha) | (%) |
| 3 | 148,9 | 3,8 |
| 4 | 2816,1 | 72,6 |
| 5 | 900,1 | 23,2 |
| 6 | 14,1 | 0,4 |
| Gesamt | 3879,2 | 100,0 |
| T7 • | T71 1 | A 1 |
| Variante 2 - "modcase" | Fläche | Anteil |
| Abflussklasse | (ha) | (%) |
| 3 | 2965,0 | 76,4 |
| 4 | 900,1 | 23,2 |
| 5 | 14,1 | 0,4 |
| Gesamt | 3879,2 | 100,0 |
| V | D12 -1 | ٨ 4 - :1 |
| Variante 3 - "actcase" | Fläche | Anteil |
| Abflussklasse | (ha) | (%) |
| 1 | 1278,1 | 32,9 |
| 2 | 1554,6 | 40,1 |
| 3 | 132,2 | 3,4 |
| 4 | 244,4 | 6,3 |
| 5 | 669,8 | 17,3 |
| Gesamt | 3879,2 | 100,0 |

 ${\bf Tabelle~3.5:}$ Oberflächenrauhigkeitsbei
wertklassen - Varianten: Flächen und deren Anteile

| Variante 1 - "worstcase" | Fläche | Anteil |
|--------------------------|----------|--------|
| Rauhigkeitsklasse | (ha) | (%) |
| 1 | 679,6 | 17,5 |
| 2 | 2865,7 | 73,9 |
| 5 | 333,9 | 8,6 |
| Gesamt | 3879,2 | 100,0 |
| | | |
| Variante 2 - "modcase" | Fläche | Anteil |
| Rauhigkeitsklasse | (ha) | (%) |
| 2 | 679,6 | 17,5 |
| 3 | 2865,7 | 73,9 |
| 6 | 333,9 | 8,6 |
| Gesamt | 3879,2 | 100,0 |
| Varianta 2 actassa" | Elä ob o | Amtoil |
| Variante 3 - "actcase" | Fläche | Anteil |
| Rauhigkeitsklasse | (ha) | (%) |
| 2 | 669,8 | 17,3 |
| 3 | 294,6 | 7,6 |
| 4 | 1636,7 | 42,2 |
| 5 | 1278,1 | 32,9 |
| Gesamt | 3879,2 | 100,0 |

3.6.6 Abfluss

Parameter für den Oberflächenabfluss

In Abschnitt 3.6.2 wurde das Einzugsgebiet in 11 Teileinzugsgebiete unterteilt. Für die Anwendung in ZEMOKOST hat die Teileinzugsgebietsgliederung hierachisch durchstrukturiert, vom tiefgelegensten Teileinzugsgebiet aufwärts einheitlich von rechts nach links oder umgekehrt zu erfolgen. Abbildung 3.14 zeigt die TEZG mit deren TEZG-IDs. In Tabelle 3.6 sind die Parameter für den oberirdischen Abfluss (OA) aufgelistet. Dabei wird unter "Mittlerer Distanz" der durchschnittliche, maximale oberirdische Fließweg und unter "Mittleres Gefälle" die durchschnittliche Neigung der einzelnen Teileinzugsgebiete verstanden.

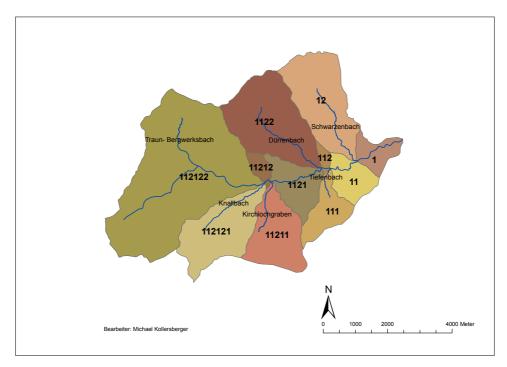


Abbildung 3.14: Teileinzugsgebiete und deren TEZG - IDs

Tabelle 3.6: Parameter des oberirdischen Fließwegs

| TEZG | Fläche | Mittlere Distanz | Mittleres Gefälle |
|--------|-------------------|------------------|-------------------|
| ID | (km^2) | (m) | (°) |
| 112122 | 13,8 | 545 | 33 |
| 112121 | 4,1 | 537 | 30 |
| 11212 | 0,5 | 473 | 27 |
| 11211 | 3,3 | 659 | 30 |
| 1122 | $5,\!5$ | 476 | 31 |
| 1121 | 2,1 | 403 | 22 |
| 112 | 0,3 | 332 | 18 |
| 111 | 1,7 | 630 | 23 |
| 12 | 4,8 | 477 | 28 |
| 11 | 1,5 | 443 | 21 |
| 1 | 1,1 | 225 | 23 |

Parameter für den Abfluss im Gerinne

Die wesentlichen Parameter zur Beschreibung des Abflusses im Gerinne sind die Zubringerlänge (m), deren Neigung (°) und der Korndurchmesser d_{90} (m). Weiters zeigt Abbildung 3.15 die Längenschnitte der Zubringerbäche und des gesamten Goiserer Weißenbachs.

Tabelle 3.7: Parameter des Gerinneabflusses

| TEZG | Bezeichnung | Länge | Neig | d90 |
|--------|-----------------|-------|------|----------|
| ID | | (m) | (°) | (m) |
| 112122 | Traunbach und | | | |
| | Bergwerksgraben | 7500 | 4 | 0,09 |
| 112121 | Knallbach | 2599 | 5 | $0,\!13$ |
| 11212 | WB5 | 246 | 8 | 0,06 |
| 11211 | Kirchlochgraben | 1902 | 9 | $0,\!32$ |
| 1122 | Dürrenbach | 3207 | 6 | $0,\!23$ |
| 1121 | WB4 | 1919 | 2 | 0,06 |
| 112 | WB3 | 278 | 1 | $0,\!22$ |
| 111 | Tiefenbach | 1040 | 8 | $0,\!23$ |
| 12 | Schwarzenbach | 3018 | 7 | $0,\!12$ |
| 11 | WB2 | 1188 | 1 | 0,06 |
| 1 | WB1 | 1750 | 1 | 0,07 |

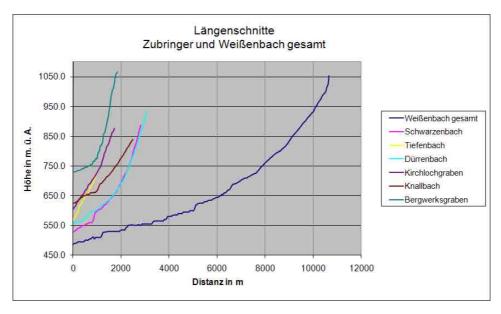


Abbildung 3.15: Längenschnitte der Zubringerbäche und des gesamten Goiserer Weißenbaches

Abflussaufzeichnungen

Wie bei vielen Gebirgsbächen, mangelt es auch dem Goiserer Weißenbach an Abflussaufzeichnungen, die eine statistische Aussage über die Jährlichkeit erlauben. Die Wildbach- und Lawinenverbauung ist daher auf Abschätzungen des Hochwasserabflusses angewiesen (vgl. Abschnitt 2.1.5). In der Region Inneres Salzkammergut hat sich die Abschätzung nach der modifizierten Wundt-Formel als gut brauchbar herausgestellt. Vom Hochwasser 1991 liegen Fotos der Anrainer, jedoch keine Geschwindigkeitsbeobachtung vor. Im Falle des Hochwassers am 12. August 2002 sind Bilder und ein Video vorhanden. Weiters wurden Begehungen vor Ort durchgeführt, die eine gute Abschätzung des Abflusses ermöglichten. Auf dem Video (6:30 Uhr MEZ vom 12.08.2002) ist ein treibender Baumstamm zu erkennen. Durch eine grobe Messung der zurückgelegten Distanz kann eine Geschwindigkeit an der Oberfläche mit 4,0 m/s und eine maximale Geschwindigkeit knapp unter der Wasseroberfläche mit 5,3 m/s angenommen werden (vgl. Chadwick & MORFETT, 1998). Der Abflussquerschnitt am "Deubler Wehr" bei hm 2,00 beträgt etwa 24,0 m². Der so errechnete Durchfluss von 96,0 bzw. 133,0 m³/s entspricht in etwa den nach der modifizierten Wundt-Formel nach LÄNGER (1971) berechneten Abflüsse von 100 bzw. 133 m³/s bei Jährlichkeiten zwischen T = 100 und T = 150 (vgl. Tabelle 3.8). Vom Hochwasser 2006 liegen wie in Tabelle 3.9 ersichtlich, ebenfalls nur Fotos vor. Als Referenzereignis für die weiteren Berechnungen und Analysen wird in diesem Fall das Hochwasser 2002 herangezogen.

Tabelle 3.8: Übersicht der Abflussberechnung nach Wundt mod. nach Länger Quelle: Pürstinger (2005)

| Einzugsgebiet | HQ150 | HQ100 | HQ50 | HQ30 | HQ10 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | (m^3/s) | (m^3/s) | (m^3/s) | (m^3/s) | (m^3/s) |
| Goiserer Weißenbach | 133,0 | 100,0 | 75,0 | 50,0 | 25,0 |

 ${\bf Tabelle~3.9:}~ {\bf Zusammenfassung~der~vorhanden~Abflussbeobachtungen~(~+~vorhanden, -~nicht~vorhanden)}.$

| Abflussbeobachtungen | Messungen | Bilder | Videos |
|----------------------|-----------|--------|--------|
| 1991 | - | + | _ |
| 2002 | - | + | + |
| 2006 | - | + | - |

3.7 Feststofftransport

Abbildung 3.16 und 3.17 zeigen eine Übersicht über die im Einzugsgebiet durchgeführten Linienzahlanalysen sowie deren Auswertung.

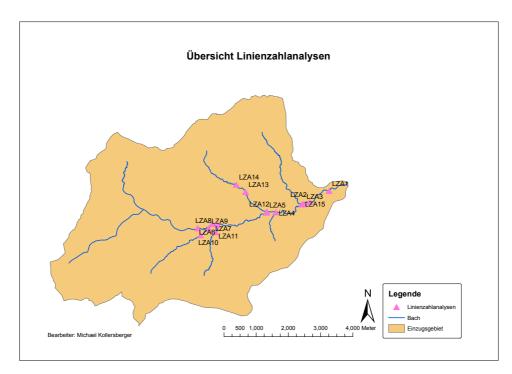


Abbildung 3.16: Standorte der im Goiserer Weißenbach durchgeführten Linienzahlanalysen, Durchführungszeiten Juni - Juli 2008.

Die Bestimmung der Korngröße ist mit Hilfe von Linienzahlanalysen (LZA) erfolgt. (siehe 2.2.3). Die Linienzahlanalysen 1 bis 7 sind entlang des Hauptbaches, jeweils im Mündungsbereich der Zubringerbäche, durchgeführt worden. Die weiteren Analysestandorte sind der Abbildung 3.16 zu entnehmen.

| ZA 1 | | | LZA6 | | | LZA11 | | | Wb |
|-------|-------|------|-------|-------|------|---------|-------|------|-----------|
| LZA I | | | LZAU | | | LZAII | | | Traunb. |
| d30= | 1.98 | cm | d30= | 0.92 | cm | d30= | 2.69 | cm | Knallb. |
| d50= | 3.05 | | d50= | 2.20 | | d50= | 7.03 | | Kirchl. |
| d90= | 6.70 | _ | d90= | 6.48 | | d90= | 31.69 | | Dürrenb. |
| d84= | 5.47 | | d84= | 5.76 | | d84= | 28.76 | | Schwarz. |
| 404 | 5.41 | CIII | 404 | 3.10 | CIII | 404 | 20.10 | CIII | Octivatz. |
| LZA2 | | | LZA7 | | | LZA12 | | | |
| LLNL | | | LLA | | | LLJ (IL | | | |
| d30= | 0.83 | cm | d30= | 2.90 | cm | d30= | 3.57 | cm | |
| d50= | 2.06 | | d50= | 5.80 | _ | d50= | 7.06 | | |
| d90= | 5.94 | | d90= | 28.07 | | d90= | 16.18 | | |
| d84= | 5.30 | _ | d84= | 21.14 | _ | d84= | 13.02 | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| LZA3 | | | LZA8 | | | LZA13 | | | |
| | | | | | | | | | |
| d30= | 1.98 | cm | d30= | 2.15 | cm | d30= | 1.98 | cm | |
| d50= | 3.45 | cm | d50= | 5.19 | cm | d50= | 2.95 | cm | |
| d90= | 6.68 | cm | d90= | 8.52 | cm | d90= | 11.05 | cm | |
| d84= | 6.11 | cm | d84= | 7.91 | cm | d84= | 6.24 | cm | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| LZA4 | | | LZA9 | | | LZA14 | | | |
| | | | | | | | | | |
| d30= | 2.01 | | d30= | 1.33 | | d30= | 5.89 | | |
| d50= | 4.68 | | d50= | 2.95 | cm | d50= | 15.5 | cm | |
| d90= | 21.61 | cm | d90= | 8.88 | cm | d90= | 42.6 | | |
| d84= | 19.03 | cm | d84= | 7.89 | cm | d84= | 39.3 | cm | |
| | | | | | | | | | |
| LZA5 | | | LZA10 | | | LZA15 | | | |
| d30= | 2.01 | cm | d30= | 3.08 | cm. | d30= | 2.36 | cm | |
| | | | | | | | | | |
| d50= | 4.68 | | d50= | 6.63 | | d50= | 6.16 | | |
| d90= | 21.61 | | d90= | 17.6 | _ | d90= | 11.9 | | |
| d84= | 19.03 | cm | d84= | 13.7 | cm | d84= | 10.1 | cm | |

Abbildung 3.17: Ergebnisse der Linienzahlanalysen: WB..Weißenbach, Traunb..Traunbach, Knallb..Knallbach, Kirchl..Kirchlochgraben, Dürrenbach, Schwarz..Schwarzenbach

Die charakteristischen Korndurchmesser d_{30} , d_{50} , d_{84} und $_{90}$ werden für die weiteren Simulationen und Berechnungen in SETRAC benötigt. Dabei geben die Indizes jene Korngröße des Geschiebematerials an, für die der angegebene Prozentanteil feiner ist.

Kapitel 4

Modellierung

4.1 ZEMOKOST

4.1.1 Einleitung

Wie bereits im Abschnitt 2.1.5 erwähnt, handelt es sich bei ZEMOKOST um ein Laufzeitmodell nach ZELLER (1974) modifiziert durch KOHL UND STE-PANEK (2004). Nach Eingabe der relevanten Modellparameter, wie Niederschlag, Topologieeigenschaften sowie Boden- und Gerinneparameter erfolgt die Kalibrierung des Modells anhand von beobachteten Niederschlägen und Abflüssen. Da diese im Einsatzbereich der Wildbach- und Lawinenverbauung nur sehr selten anzutreffen sind, bedarf es grober Annäherungen an die Ereignisfälle vom 12.08.2002. Im Falle des Goiserer Weißenbachs hat sich das Hochwasserereignis 2002 als maßgebend erwiesen (vgl. Abschnitt 3.6.6). Anhand dieser Daten wurde das Modell für den Goiserer Weißenbach kalibriert.

4.1.2 Kalibrierungsereignis 2002

Arbeitsblatt: Niederschlag

Als Eingangsgrößen wurden, die vom Hydrographischen Dienst zur Verfügung gestellten, Bemessungsniederschläge nach LORENZ & SKODA (2000) verwendet. Dabei sind für den Ereignisfall zunächst ÖKOSTRA- dann HAÖSTRA-Werte herangezogen worden. Die ÖKOSTRA- sowie HAÖSTRA-Werte ergaben (vgl. Abschnitt 2.1.1) zu hohe Niederschlagsintensitäten im Vergleich zu den

tatsächlichen Beobachtungen. Bei einer Jährlichkeit von T=7 Jahre kann unter der Beibehaltung der Niederschlagsverteilung (siehe Abschnitt 5.1.1 Varianten) mit den HAÖSTRA-Werten ein vergleichbares Ergebnis gewonnen werden.

Standardmäßig ist in der ZEMOKOST-Version 6.3 eine schwache räumliche Abminderung vorgesehen. Eine Abminderung nach MATTERN (1996) ist für die Region Salzkammergut entwickelt worden. Es wird daher im Weitern mit dieser Abminderung fortgefahren.

Arbeitsblatt: Topo Oberflächenabfluss

Die Parameter des Oberflächenabflusses (vgl. Tabelle 3.6) wurden mittels GIS-Software ermittelt und eingetragen. Da bei dem Hochwasserereigniss 2002 eine advektives Niederschlagsereignis anzunehmen war, wurde eine Beregnung des gesamten Gebiets mit vollen 100~% angenommen. Bedingt durch die starke Vornässe kann die Retentionswirkung des Gebiets mit 0 angesehen werden.

Arbeitsblatt:Topo Gerinneabfluss

Die Parameter für den Abfluss im Gerinne finden sich in Tabelle 3.7. Die Ermittlung des Korngrößendurchmessers d_{90} wurde mittels Linienzahlanalyse (vgl. Abschnitt 2.2.3) durchgeführt. Dabei wurde an jedem Zubringer mindestens eine Analyse durchgeführt (siehe Abbildung 3.16).

Die Abschätzung des Basisabflusses erfolgte bei Niederwasser vor Ort. Für das Bemessungsereignis mit einem Wiederkehrsintervall von 150 Jahren ist dieser wenig ausschlaggebend, bei der Nachstellung von Ereignissen aber durchaus wichtig.

Arbeitsblatt: Fläche Abflussbeiwerteklassen

Durch die starke Vorbefeuchtung des Gebiets kann ein Systemzustandsindex von -6 (Worst-Case-Szenario) angenommen werden. Die Abflussbeiwertklassen konnten anhand der Geländeanleitung nach MARKHART ET AL. (2004) ermittelt werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass weder von der Wildbach- und Lawinenverbauung noch von den Österreichischen Bundesforsten Bodenkennwerte, vorliegen. Es wurden die Abflussbeiwerte über die

Geologie, Landnutzung und Stichproben vor Ort angeschätzt. Aus ingenieurtechnischer Sicht haben die weiteren Berechnungen mit dem Worst-Case-Szenario stattgefunden (siehe Abbildung 3.12 sowie Tabelle 3.4). Die Abflussbeiwerte wurden programmintern, wegen starker Vornässe nochmals erhöht.

Arbeitsblatt: Fläche c

Die Oberflächenrauhigkeitsbeiwerte wurden wie die Abflussbeiwerte nach der Geländeanleitung nach Markart et al. (2004) erhoben. Abbildung 3.13 und Tabelle 3.5 zeigen jeweils wieder drei Varianten, wobei wieder das Worst-Case-Szenario angewendet wurde. Wegen schwerer Ermittlung wurde der Interflow vernachlässigt.

AB: Einzel Niederschlag

Im Arbeitsblatt "Einzel NS" wurde nun anhand der Wiederkehrszeit T=100 Jahre und einer maßgebenden Regendauer $t_R=300$ Minuten ein HQ_{max} von 93,0 m³/s bei einer Regenintensität von 13,4 mm/h berechnet. Die Laufzeit des Hochwasserscheitels beträgt 318 Minuten, was etwa den Überlegungen $t_R=t_{tot}$ nach Zeller entspricht (vgl. Abschnitt 2.1.5).

AB: Gerinneabfluss

Die Geschwindigkeit des Gerinneabflusses in den Teileinzugsgebieten wird hier aufgelistet. Es ist ersichtlich, dass im TEZG 1 die Fließgeschwindigkeit 4,4 m/s beträgt. Dies stimmt gut mit den beobachteten Werten, die an der Oberfläche mit 4,0 m/s und knapp unter der Wasseroberfläche mit 5,3 m/s angenommen wurden, zusammen (vgl. Abflussaufzeichnungen in Abschnitt 3.6.6).

4.2 Anwendungsbeispiel SETRAC

Wie bereits im Abschnitt 2.2.4 erwähnt, handelt es sich bei SETRAC um ein 1-D Geschiebetransportmodell für steile Gerinne. Mit den aus dem NA-Modell gewonnenen Abflussganglinien ist es nun möglich, wichtige Informationen über Geschiebefracht sowie Auflandungs- und Erosionsprozess zu be-

rechnen und grafisch darzustellen. Die Topologie von SETRAC ist im Wesentlichen aus Punkten, Sektionen und Querprofilen aufgebaut. Neben der Korngrößenverteilung werden auch Abfluss- und Geschiebeganglinien zur Berechnung benötigt. Zur Kalibrierung des Modells sind beobachtete Geschiebeund Abflussmessreihen erforderlich. Diese sind für den Goiserer Weißenbach nicht vorhanden.

4.2.1 Projektdaten

Korngrößenverteilung

Die in den Gleichungen 2.27 und 2.28 nach RICKENMANN benötigten Korngrößen, d_{90} , d_{50} und d_{30} werden mittels Linienzahlanalyse gewonnen und eingesetzt. Wegen Vereinfachung wurde mit dem Einkornmodell gerechnet. Die Ergebnisse der Linienzahlanlysen finden sich in Abbildung 3.17

Querprofile

Die Querprofile sind mittels GIS-Software aus einem Laserscan mit einer Auflösung von 1 m generiert worden. Im Unterlauf wurden zwischen hm 0,0 und 6,0 die Profile durch terrestrische Vermessungen verbessert. Die räumliche Diskretisierung liegt im Unterlauf bei 50 m und ab hm 6,0 bei 100 m. (Abbildung 4.1) Entlang des Bachlaufs finden sich Bauwerke, die durch ein Profil unmittelbar vor- und nachher gekennzeichnet sind. Dies sind

- Deubler Wehr und Brücke bei hm 2,0
- Brücke und Geschiebesperre bei hm 9,5
- Die Netzsperre wurde aus modelltechnischen Gründen vernachlässigt.
- Geschiebesperre bei hm 30,0
- Chorinsky Klause bei hm 47,40

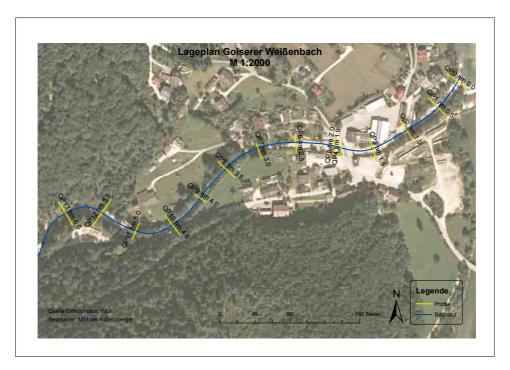


Abbildung 4.1: Lageplan Unterlauf Goiserer Weißenbach

Die Eingabe der Profilpunkte erfolgt im XML-Format und enthält Informationen über Punktnummer, Höhenangabe der Punkte sowie Typ. Die Bachachse, meist der tiefste Punkt, ist mit einem A zu kennzeichnen. Weiters ist jedem Profil eine Korngrößenverteilung zugeordnet. Eingabeformat siehe Anhang A.

Punkte

Die Punkte kennzeichnen die Bachachse und sind mit XY-Koordinaten im Modell festgelegt. Über die XSecID wird der Bezug zu den Querprofilen hergestellt.

Sektionen

Die Sektionen verbinden die Punkte. Ihre Länge kann manuell angegeben oder automatisch berechnet werden. Dabei wird die direkte Verbindung angenommen. Weiters kann die Höhe der erodierbaren Sedimente im Hauptgerinne angegeben werden. Diese muss durch Begehung vor Ort abgeschätzt

werden. In der Ortschaft Weißenbach können durch die Bachverbauung geringe erodierbare Höhen von 0 bis 1 m angenommen werden.

4.2.2 Eingangssignale

Für die Simulation wurden die Abflussganglinien der Variante 1 HAöSTRmod bei einem HQ_{150} herangezogen. Die Eingabe der Abflusssignale ist für jeden Zubringer vorzunehmen. Das verfügbare Geschiebe wurde aus der Geschiebebilanzierung nach PÜRSTINGER übernommen und auf die Zubringer umgelegt.

4.2.3 Optionen

Unter den Optionen werden die simulationsrelevanten Einstellungen vorgenommen. Die folgende Auflistung zeigt die Einstellungen, die für die Simulationen von Szenario "Wehr offen" und "Wehr geschlossen" beibehalten wurden.

| Max. Durchfluss | $120 \text{ m}^3/\text{s}$ |
|-------------------------------|----------------------------|
| Porenvolumen | 0,3 |
| Flowrouting | Erosion |
| Dichte Feststoff | 2650 kg/m^3 |
| Dichte Gemisch | 1100 kg/m^3 |
| Böschungswinkel des Materials | 35° |
| Kritischer Shieldsparameter | 0,046 |
| Max. Sedimentationshöhe | $2,0 \mathrm{\ m}$ |
| Mächtigkeit des Aktivschicht | $0.5 \mathrm{m}$ |
| Exponent in Sred | 2,0 |
| Räumliche Diskretisierung | 50 m |
| Max. CFL-Nummer | 0,99 |

Kapitel 5

Ergebnisse

5.1 Zemokost

5.1.1 Varianten

Die wesentliche Modifikation der Varianten besteht darin, die Niederschlagsverteilung zu variieren. Variante 1 zeigt (vgl. Abbildung 5.1) im hinteren Teileinzugsgebiet volle und in den anderen TEZG eine 25%ige Beregnung. Varianten 2 und 3 nehmen den maßgebenden Niederschlag in den nördlichen und südlichen TEZG an. Einen eher zentralen Niederschlag zeigt Variante 4. Variante 5 gibt ein beinahe unrealistisches Niederschlagsereignis mit einer ganzflächigen Überregnung von 100 % wieder. Die enormen Geschiebeablagerungen im Gebiet des Traunbaches wurden mit einer Retentionswirkung von 21,1 m³/s berücksichtigt ($A=211392~{\rm m}^2,\,k_f=10^{-4}~{\rm m/s}$). Eine weitere Modifikation wurde durch die Herabsetzung des Gewichts der Abflussbeiwerte, von der oberen (o) auf die mittlere Grenze (m) vorgenommen. Der Systemzustandsindex beträgt 0. Der Basisabfluss wird bei Bemessungsniederschlägen vernachlässigt. Im Folgenden werden die Varianten mit unterschiedlichen Niederschlagseingangsdaten dargestellt und verglichen.

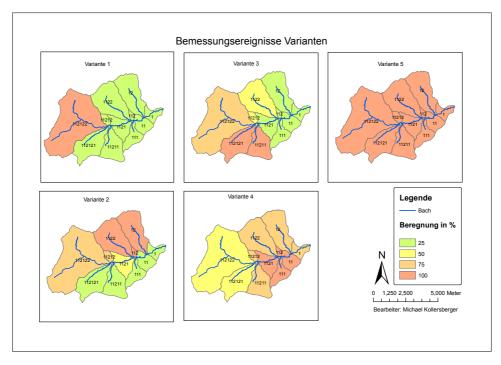


Abbildung 5.1: Übersicht der verwendeten Bemessungsvarianten

Bemessungshochwässer mit ÖKOSTRA-Werten Die Ergebnisse in Tabelle 5.1 zeigen für alle Varianten, mit Ausnahme Variante 5, plausible Hochwasserabflüsse. Es muss jedoch dabei beachtet werden, dass die unterschätzten ÖKOSTRA-Werte herangezogen wurden.

 ${\bf Tabelle~5.1:}~{\bf Ergebnisse~mit~\"{O}KOSTRA-Werten}$

| | HQ_{max} | Laufzeit HQ - | Regen- | Regen- | v im Gerinne |
|------------|------------|-----------------|----------|------------|--------------|
| Jährlich- | | Scheitel | dauer | intensität | TEZG 1 |
| keit | (m^3/s) | (\min) | (\min) | (mm/h) | (m/s) |
| Variante 1 | | | | | |
| 10 | 47,3 | 125 | 44 | 34 | 3,6 |
| 100 | 84,4 | 102 | 39 | 52 | $4,\!4$ |
| 150 | 96,5 | 97 | 38 | 58 | 4,6 |
| Variante 2 | | | | | |
| 10 | 43,4 | 125 | 38 | 37 | 3,8 |
| 100 | 78,1 | 107 | 60 | 40 | 4,6 |
| 150 | 90,2 | 102 | 58 | 45 | 4,8 |
| Variante 3 | | | | | |
| 10 | 40,6 | 126 | 39 | 36 | 3,7 |
| 100 | 73,7 | 105 | 38 | 53 | $4,\!5$ |
| 150 | 84,4 | 102 | 38 | 58 | 4,7 |
| Variante 4 | | | | | |
| 10 | 38,6 | 119 | 60 | 28 | 3,7 |
| 100 | 71,3 | 107 | 60 | 40 | 4,5 |
| 150 | 82,1 | 104 | 60 | 44 | 4,7 |
| Variante 5 | | | | | |
| 10 | 81,8 | 106 | 53 | 30 | 4,6 |
| 100 | 147,7 | 90 | 48 | 46 | 5,6 |
| 150 | 169,3 | 86 | 46 | 52 | 5,9 |

Bemessungshochwässer mit HAÖSTRA-Werten Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen (vgl. Tabelle 5.2), trotz der Herabsetzung der Abflussbeiwerte auf die untere Grenze (u) eine grobe Überschätzung der Hochwasserabflüsse.

Tabelle 5.2: Ergebnisse mit HAöSTRA - Werten

| | HQ_{max} | Laufzeit HQ - | Regen- | Regen- | v im Gerinne |
|------------|------------|-----------------|----------|------------|--------------|
| Jährlich- | | Scheitel | dauer | intensität | TEZG 1 |
| keit | (m^3/s) | (\min) | (\min) | (mm/h) | (m/s) |
| Variante 1 | | | | | |
| 10 | 74,4 | 107 | 41 | 58 | 4,2 |
| 100 | 163,2 | 81 | 33 | 106 | $5,\!5$ |
| 150 | 188,1 | 77 | 32 | 118 | 5,7 |
| Variante 2 | | | | | |
| 10 | 69,1 | 111 | 39 | 60 | $4,\!5$ |
| 100 | 152,2 | 85 | 48 | 86 | 5,8 |
| 150 | 176,7 | 81 | 46 | 96 | 6,1 |
| Variante 3 | | | | | |
| 10 | 64,8 | 111 | 39 | 60 | 4,3 |
| 100 | 143,1 | 86 | 35 | 103 | 5,6 |
| 150 | 164,9 | 82 | 33 | 115 | 5,9 |
| Variante 4 | | | | | |
| 10 | 59,7 | 111 | 60 | 46 | 4,3 |
| 100 | 133,9 | 89 | 51 | 81 | 5,6 |
| 150 | 155,0 | 85 | 49 | 91 | 5,9 |
| Variante 5 | | | | | |
| 10 | 127,6 | 91 | 46 | 54 | $5,\!4$ |
| 100 | 280,7 | 75 | 42 | 92 | 6,9 |
| 150 | 323,3 | 72 | 41 | 103 | 7,3 |

Einen großen Einfluss auf die Ergebnisse hat die Niederschlagsverteilung im Einzugsgebiet. Es wurde nun versucht, unter Beibehaltung der HAöSTRA-Werte, der Abflussbeiwertklassen im mittleren Bereich, sowie der allgemeinen Einstellung, die Niederschlagsverteilung so anzupassen, dass ein 150-jährlicher Hochwasserabfluss zwischen 100,0 und 133,0 m 3 /s liegt. Dabei wurden die Niederschlagsverteilungen wie folgt herabgesetzt:

- Variante 1: Originalwerte dividiert durch 1,50
- Variante 2: Originalwerte dividiert durch 1,75
- Variante 3: Originalwerte dividiert durch 1,25
- Variante 4: Originalwerte dividiert durch 1,25
- Variante 5: Originalwerte dividiert durch 2,00

Dabei wurde folgendes Kriterium eingehalten:

• Der Bemessungsabfluss soll im Bereich zwischen 100,0 und 133,0 m^3/s liegen.

Tabelle 5.3: HQ_{150} der Varianten nach mod. Niederschlagsverteilung

| | HQ_{max} | Laufzeit HQ - | Regen- | Regen- | v im Gerinne |
|------------|------------|-----------------|----------|------------|--------------|
| Jährlich- | | Scheitel | dauer | intensität | TEZG 1 |
| keit | (m^3/s) | (\min) | (\min) | (mm/h) | (m/s) |
| Variante 1 | | | | | |
| 150 | 119,9 | 87 | 32 | 118 | 4,9 |
| Variante 2 | | | | | |
| 150 | 106,5 | 93 | 33 | 115 | $5,\!2$ |
| Variante 3 | | | | | |
| 150 | 118,8 | 90 | 35 | 113 | $5,\!3$ |
| Variante 4 | | | | | |
| 150 | 110,2 | 92 | 51 | 89 | $5,\!3$ |
| Variante 5 | | | | | |
| 150 | 114,0 | 93 | 46 | 96 | $5,\!2$ |

Variante 1 liefert einen Bemessungsabfluss von 119,9 m³/s. Die Laufzeit des HQ-Scheitels stimmt mit der Regendauer nicht zusammen. Die Forderung nach Zeller (1974) ist damit nicht erfüllt. Nach den Erkenntnissen von Kohl und Stepanek (2004) ist jedoch jene Regendauer maßgebend, die den höchsten Abfluss liefert. Eine Regenintensität von 118 mm/h scheint hoch, ist aber durchaus plausibel. Eine Geschwindigkeit im Gerinneauslauf von 4,9 m/s ist hoch, jedoch durch eine niedriges d90 von 0,06 m zu erklären. Das Ergebnis der Variante 1 mit modifizierten Haöstra-Werten wird als plausibles Bemessungshochwasser angesehen und ist somit Grundlage für weitere Berechnungen und Planausfertigungen.

5.1.2 Vergleich der Ergebnisse mit anderen in der WLV verwendeten Formeln

Die in Abschnitt 2.1.5 erläuterten Abflussformeln liefern die in Tabelle 5.4 angeführten Ergebnisse. Die Einzugsgebietsgröße wurde dabei mit 39 km² angenommen. Der Adaptionskoeffizient bei KÜRSTEINER ist $\alpha=11$ und bei MÜLLER $\alpha=0,3$. Die Zu- und Abschläge für die Berechnung nach LÄNGER sind in nachstehender Auflistung ersichtlich.

- Basis-Prozentlinie: 1700 mm ... 70 %
- 35 Gewitter pro Jahr ... +20 %
- Konzentrische Form des EZG ... +20~%
- EZG gut bewaldet ... -10 %
- EZG versickerungsfähig ... -20 %
- EZG langgestreckt ... -10 %

Tabelle 5.4: Vergleich der aus anderen verwendeten Abflussformeln errechnete Hochwassermenge

| Formel | HQ150 |
|--------------------------|-----------|
| nach | (m^3/s) |
| Wundt | 124,3 |
| Wundt mod. nach (LÄNGER) | 97,5 |
| Klement & Wunderlich | 116,5 |
| Hofbauer | 262,3 |
| Kürsteiner | 126,5 |
| MÜLLER | 148,4 |
| ZEMOKOST | 119,9 |

5.2 Setrac

5.2.1 Simulation und Ergebnisse

Für wasserbauliche Fragen, beim Goiserer Weißenbach, speziell für die Geschiebeanlandungen im Unterlauf, ist SETRAC geeignet. Dabei interessiert eine Sohl- und Wasserstandsveränderung bei Einbau eines Klappenwehrs bei offenem oder geschlossenem Zustand. Die verwendeteten Eingangsdaten sind der Variante 1, bei einem HQ_{150} - HAöSTRA-Werte entnommen.

Der Längenschnitt (Wehr geschlossen) im Unterlauf zeigt eine, auch in der Natur beobachtete, Geschiebeanlandung von bis zu 60 cm bei hm 3,5. (siehe Anhang A)

Tabelle 5.5: Ergebnisse der SETRAC-Modellierung bei einem HQ_{150} , Variante 1, HAÖSTRA-Werte, Wehr zu.

| Profil Nr. | Achshöhe original | Achshöhe aktuell | Höchster Wasserstand |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | $\mathrm{m.\ddot{u}.A}$ | $\mathrm{m.\ddot{u}.A}$ | $\mathrm{m.\ddot{u}.A}$ |
| Profil 2.5 | 490,80 | 490,80 | 492,13 |
| Profil 3.0 | 491,08 | 491,30 | 492,72 |
| Profil 3.5 | 491,44 | 492,05 | 493,33 |
| Profil 4.0 | 492,13 | 492,74 | 493,86 |
| Profil 4.5 | $493,\!54$ | 493,49 | 494,63 |
| Profil 5.0 | 494,08 | $494,\!17$ | $495,\!44$ |
| Profil 5.5 | 494,96 | 495,10 | 496,12 |
| Profil 6.0 | $495,\!91$ | 496,02 | 497,72 |

Die in Tabelle 5.5 dargestellten Werte stellen sich bei geschlossenem Wehr oder aktuellem Streichwehr ein. Die Erosionstiefe zwischen hm 0.0 und 2.0 wird durch die Sohlschwellen als 0 angenommen.

Im Längenschnitt (Wehr offen) wird eine deutliche Absenkung der Sohle erkennbar. Das neu errichtete Klappenwehr bei hm 2.0 hat eine neue Sohlkote (festes Wehr) von 488,87 m.ü.A. Das entspricht einer Stauhöhe von 1,30 m (bewegliches Wehr).

Tabelle 5.6 zeigt zwischen hm 2.0 und 3.5 eine Absenkung der Bachsohle von bis zu 70 cm. Der Wasserstand erfährt eine Verringerung bei hm 2.5 von bis zu 90 cm.

Tabelle 5.6: Ergebnisse der SETRAC-Modellierung bei einem HQ_{150} , Variante 1, HAÖSTRA-Werte, Wehr offen.

| Profil Nr. | Achshöhe original | Achshöhe aktuell | Höchster Wasserstand |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | $\mathrm{m.\ddot{u}.A}$ | $\mathrm{m.\ddot{u}.A}$ | $\mathrm{m.\ddot{u}.A}$ |
| Profil 2.5 | 490,10 | 489,41 | 491,26 |
| Profil 3.0 | 491,08 | $490,\!57$ | 491,98 |
| Profil 3.5 | 491,44 | 491,50 | 493,05 |
| Profil 4.0 | 492,13 | 492,40 | $493,\!65$ |
| Profil 4.5 | 493,54 | 493,28 | $494,\!56$ |
| Profil 5.0 | 494,08 | $494,\!15$ | 495,42 |
| Profil 5.5 | 494,96 | 495,10 | 496,12 |
| Profil 6.0 | 495,91 | 496,02 | 497,73 |

In weiterer Folge können Geschiebefrachtdiagramme des Gerinnes erstellt

werden. Die Spitzen stellen jeweils die Einstöße der Zubringer dar. Fällt die Linie ab, wird Geschiebe angelandet (siehe Abbildung 5.2).

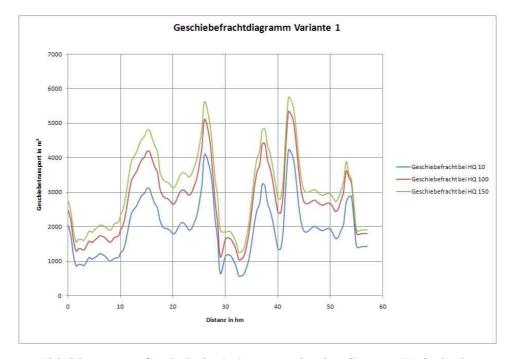


Abbildung 5.2: Geschiebefrachtdiagramm für den Goiserer Weißenbach - Varinate 1 mit unterschiedlichen Jährlichkeiten

5.3 Maßnahmenkatalog

Die Hochwässer 2002 und 2005 waren ausschlaggebend für die Errichtung eines verbesserten Hochwasserschutzes im Bereich der Ortschaft Weißenbach. Der Verbauungsgrundgedanke dabei war, die im Hochwasserfall auftretenden Anlandungs- und Bachausbruchstendenzen zu unterbinden. Dazu zählten die Sanierung des Abschlussbauwerkes bei hm 0,00 sowie eine Abflussertüchtigung durch Absenkung der Bachsohle zwischen hm 3,50 und hm 4,78 inklusive Ufersicherung mittels Grobsteinschlichtung. Weiters wurde eine Bachräumung und eine Uferbewuchspflege durchgeführt. Die erweiterten Hochwasserschutzmaßnahmen sollen in dieser Diplomarbeit dargestellt werden. Nachfolgend werden die vier unterschiedlichen Schlüsselstellen (SS I bis SS IV) planlich dargestellt und beschrieben. Es wird dabei auf den aktuellen Zustand (Ist-Zustand) die angestrebten Ziele sowie die vorgeschlagenen Maßnahmen eingegangen.

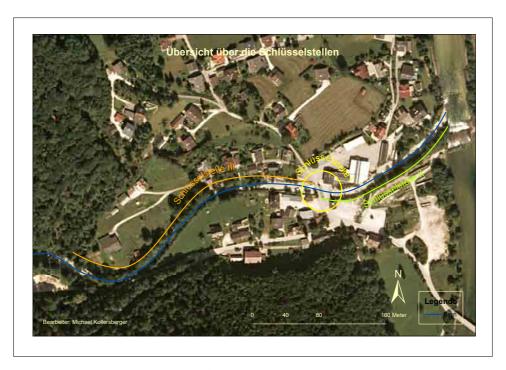


Abbildung 5.3: Übersicht über die Schlüsselstellen

5.3.1 Schlüsselstelle I bei hm 2.0



Abbildung 5.4: Schlüsselstelle I

Ist-Zustand:

Das "Deubler Wehr" bei hm 2.0 dient dem Familienbetrieb Deubler für die betriebsinterne Stromerzeugung. Unmittelbar nach dem Wehr folgt eine Stahlbetonbrücke mit Mittelpfeiler, der im Hochwasserfall für Verklausungen sorgt. Angeschwemmtes Altholz setzt sich fest und sorgt für Wasseraustritte jeweils links- und rechtsufrig der Brücke. Weiters besteht im Unterlauf des Goiserer Weißenbachs eine hohe Auflandungstendenz, die bis zu 80 cm betragen kann. Gemäß Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG) stellt das Wehr eine Kontinuumsunterbrechung dar und soll im Zuge von erweiterten Hochwasserschutzmaßnahmen erneuert werden.

Ziele:

- Hochwasserschutz bei hm 2,0 durch Vergrößerung des Abflussquerschnitts herstellen.
- Organismenpassierbarkeit gewährleisten
- Wirtschaftlichkeit

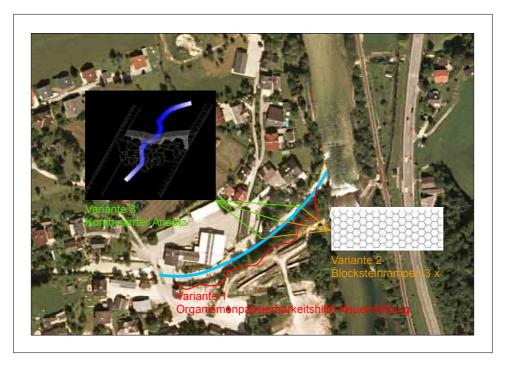
Vorgeschlagene Maßnahmen:

- Variante 1 sieht eine Erneuerung der Stahlbetonbrücke vor. Dabei wird auf den Mittelpfeiler verzichtet und so der Abflussquerschnitt vergrößert. Die Verklausungsgefahr kann dadurch auf ein Minimum reduziert werden. Um der WRRL 2003 entgegenzukommen, wird eine Errichtung einer Blocksteinrampe mit einer Neigung von 1:10 vorgeschlagen. Die Organismenpassierbarkeit wäre somit gewährleistet.
- Variante 2 sieht ebenfalls eine Erneuerung der Stahlbetonbrücke ohne Mittelpfeiler vor. Die Optimierung des Abflussquerschnittes erfolgt jedoch durch die Errichtung eines Klappenwehrs. Im Hochwasserfall erfolgt die automatische Freigabe des vollen Abflussquerschnitts. Im Notfall kann die Klappe auch manuell betätigt werden. Durch regelmäßige Spülung kann der Anlandungstendenz zwischen hm 2,0 und 6,0 entgegengewirkt werden. Die Organismenpassierbarkeit wird in der Ausleitungsstrecke "Deubler" zwischen Oberlauf und Unterlauf integriert.

Tabelle 5.7: Variantenvergleich SS I

| | Variante 1 | Variante 2 |
|--|-----------------|---------------|
| Querschnittsvergrößerung | + | + |
| ${\bf Organismen passier barkeit}$ | + | + |
| Integration der Ausleitung Geschiebespülung | möglich nein | möglich ja |
| Investitionskosten | gering | hoch |
| Instandhaltung | nein | ja |

5.3.2 Schlüsselstelle II hm0.0 - 2.0



 ${\bf Abbildung~5.5:~Schl\"{u}sselstelle~II}$

Ist-Zustand:

Die Schlüsselstelle II umfasst den Bereich zwischen hm 0,0 und 2,0. Dieser Bereich ist als hart verbaut anzusehen. Seitlich wird der Goiserer Weiser

ßenbach von Ufermauern begrenzt. Um eine Eintiefung und somit eine Unterspülung der Ufermauern zu verhindern, wurden Sohlgurte errichtet. Diese stellen laut Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG) eine Unterbrechung des Fließkontinuums dar. Das Ausleitungsgerinne des Anrainers Aitenbichler wird vom Ausleitungsgerinne "Deubler" gespeist. Trotz einer Pflichtwasserdotation von 50 l/s seitens Aitenbichler ist in den Sommermonaten eine zeitweise Austrocknung zu bemerken. Vor allem bei Hochwasserereignissen ist eine erhöhte Geschiebefracht mit einem Korndurchmesser von 0,063 - 63 mm in der Ausleitungsstrecke "Aitenbichler" zu beobachten.

Ziele:

- Herstellung der Organismenpassierbarkeit zwischen hm 0,0 und 2,0
- Reduzierung des Anlandungspotentiales
- Erhöhung des Restwasseranteils
- Wirtschaftlichkeit

Vorgeschlagene Maßnahmen:

- Variante 1 sieht einen neu errichtete Organismenpassierbarkeitshilfe in der roten Gefahrenzone vor. Die Uferschutzverbauung müsste dabei bei hm 1,7 geöffnet und rechtsufrig in das Umland integriert und bei hm 0,25 mit dem vorhandenen Aufstieg verbunden werden. Als problematisch sind bei dieser Variante die Öffnung der vorhandenen Ufersicherung, die erforderliche Dotationswassermenge sowie die Kosten der Herstellung anzusehen. Weiters befindet sich eine Trafostation in unmittelbarer Nähe.
- Variante 2 sieht eine Entfernung der Sohlgurte im bestehenden Gerinne vor. Blocksteinrampen werden errichtet und ermöglichen so die Durchgängigkeit.
- Variante 3 sieht einen kombinierten Ansatz vor. Dabei werden die Sohlgurte im bestehenden Gerinne beibehalten und durch Grobsteinschüttungen im Vorfeld modifiziert. Diese Variante zeichnet sich vorallem
 durch ihre Wirtschaftlichkeit, den Nutzen und der Einfachheit der Herstellung aus.

Das Problem der Restwasserproblematik und des Anlandungspotentials ist bei hm 2,0 zu suchen und bedarf genauerer Untersuchungen, die den Umfang dieser Arbeit sprengen würde.

Tabelle 5.8: Variantenvergleich SS II

| | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 |
|--------------------------|------------------------|----------------|------------|
| Organismenpassierbarkeit | + | + | + |
| | | | |
| Investitionskosten | hoch | $_{ m mittel}$ | gering |
| Instandhaltung | $\mathbf{j}\mathbf{a}$ | nein | nein |

5.3.3 Schlüsselstelle III hm 2,0 - 6,0

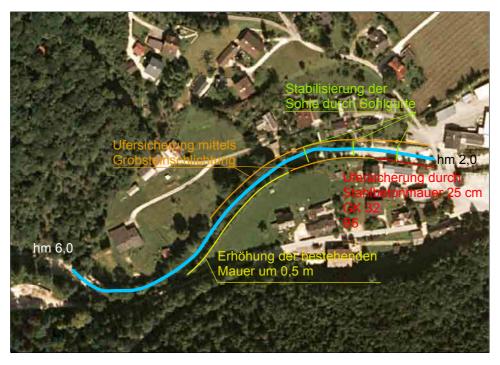


Abbildung 5.6: Schlüsselstelle III

Ist-Zustand:

Die Schlüsselstelle III befindet sich im Bereich zwischen hm 2,0 - 6,0. Im Zuge der Sanierung des Abschlussbauwerkes (hm 0,0) wurde im Jahr 2005 der Bereich zwischen hm 3,5 und 4,8 die Bachsohle abgesenkt und mittels Sohlgurten stabilisiert. Im Falle einer Verklausung am "Deublerwehr" sind die Grundstücke links- und rechtsufrig betroffen. Die Ufer sind als leicht verbaut zu charakterisieren. Grobsteinschlichtungen sind teilweise angeordnet.

Weiden und Erlen befinden sich im Abflussquerschnitt.

Ziele:

- Herstellung des Hochwasserschutzes im Bereich hm 2,0 bis 4,0
- Herstellung einer Stahlbetonwand im Bereich hm 2,1
- Ufersicherung durch Grobsteinschlichtung links- und rechtsufrig im Bereich von hm 2,0 bis 4,0
- Aufstockung der bereits bestehenden Mauer beginnend bei hm 4,0
- Uferbewuchspflege

Vorgeschlagene Maßnahmen:

- Variante 1: Bei Errichtung eines Klappenwehrs: Da bei einer Errichtung eines Klappenwehrs die Bachsohle maßgebend beeinflusst und abgesenkt wird, bedarf es bei hm 2,1 rechtsufrig einer Sicherung des Grundstückes mittels einer Stahlbetonwand. Die Betongüte ist den jeweiligen Expositionsklassen anzupassen. Auf der gegenüberliegenden Seite empfiehlt sich eine Ufersicherung aus Grobsteinen. Mittels Sohlgurten soll die Sohlstabilität gewährleistet werden. Weiters sind die Ufer mindestens einmal pro Jahr, speziell vor den Frühjahrs- und Sommerhochwässern zu pflegen.
- Variante 2: Bei Errichtung einer Blocksteinrampe: Bei Errichtung einer Blocksteinrampe: Da bei einer Errichtung einer Blocksteinrampe die Bachsohle maßgebend beeinflusst und abgesenkt wird, bedarf es bei hm 2,1 rechtsufrig einer Sicherung des Grundstückes mittels einer Stahlbetonwand. Die Betongüte ist den jeweiligen Expostionsklassen anzupassen. Auf der gegenüberliegenden Seite empfiehlt sich eine Ufersicherung aus Grobsteinen. Mittels Sohlgurten soll die Sohlstabilität gewährleistet werden. Weiters sind die Ufer mindestens einmal pro Jahr, speziell vor den Frühjahrs- und Sommerhochwässern zu pflegen.

Tabelle 5.9: Variantenvergleich SS III

| | Variante 1 | Variante 2 |
|--------------------------|------------------------|----------------|
| Organismenpassierbarkeit | + | + |
| T (*): 1 (| 1 | 1 |
| Investitionskosten | $_{ m mittel}$ | $_{ m mittel}$ |
| Uferbewuchspflege | $\mathbf{j}\mathbf{a}$ | ja |

5.3.4 Schlüsselstelle IV hm 6.0 - 14.0

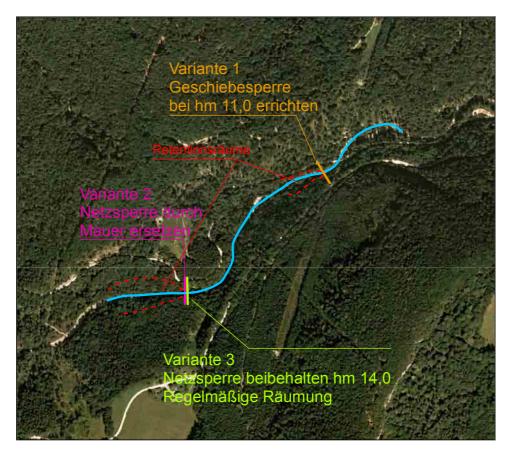


Abbildung 5.7: Schlüsselstelle IV

Ist-Zustand:

Der Geschiebetransport, vor allem bei Hochwässern, ist im Goiserer Weißenbach sehr hoch. Dies hat zur Folge, dass im Mündungsbereich, bedingt durch eine Gefällsabnahme, eine hohe Anlandungstendenz zu bemerken ist. Es handelt sich hierbei um bis zu 80 cm mit Korngrößen im Bereich von 0 - 200 mm. Durch diese Anlandungstendenz wird die Bachsohle angehoben und führt so bei darauffolgenden Hochwässern zu Bachaustritten links- und rechtsufrig im Bereich hm 2,0 und 6,0. Laut Anraineraussagen wurde früher im "Gries" (Oberlauf des Goiserer Weißenbaches) Bachschotter abgebaut. Nach Einstellung des Betriebes hat sich die Anlandungstendenz aufgebaut.

Ziel:

• Anlandungstendenz im Mündungsbereich zwischen hm 0,0 und 6,0 zu reduzieren.

Vorgeschlagene Maßnahmen:

- Variante 1: Geschiebesperre bei hm 11,0 errichten: Um einen Geschieberückhalt im Mündungsbereich zu erhalten, kann eine Geschiebesperre errichtet werden. Dabei wird der Retentionsraum in regelmäßigen Abständen ausgeräumt und bietet so Platz für weitere Anlandungen.
 - Vorteile: Eine Geschiebesperre im Mündungsbereich wirkt der Anlandungstendenz entgegen.
 - Nachteile: Kosten der Neuerrichtung, Organismenpassierbarkeit ist unterbunden.
- Variante 2: Netzsperre durch eine Betonsperre ersetzen: Die bestehende Netzsperre wird durch eine Betonsperre ersetzt. Der Bereich bachaufwärts kann und wird bereits im Hochwasserfall als Retentionsraum
 genützt.
 - Vorteile: Diese Variante hat den Vorteil, dass die Hochwasserwelle abgemindert und zeitlich verzögert wird und so für die Unterlieger das Hochwasserrisiko sinkt. Außerdem gibt es eine Kosteneinsparung beim Ausbau der Maßnahmen im Bereich zwischen hm 2,0 un 6,0.
 - Nachteile: Als Nachteil ist die Geschiebebewirtschaftung sowie die Organismenunpassierbarkeit anzusehen. Weiters sind die Kosten für eine Errichtung hoch.
- Variante 3: Netzsperre bei hm 14,0 beibehalten: Eine weitere Variante ist die Beibehaltung der bereits errichteten Netzsperre. Das Netz wurde ursprünglich als Totholzrückhalt ausgeführt. Das Holz verklaust im Netz und führt mit der Zeit zu einer Geschiebeanlandung im Hinterland. Die Anhebung der Bachsohle kann bis zu 2 m betragen. Variante 3 sieht eine regelmäßige Räumung, vor allem im Frühjahr und Sommer, vor.
 - Vorteile: Die bestehende Netzsperre bleibt erhalten. Es entstehen keine Kosten für eine Neuerrichtung. Die Organismenpassierbarkeit ist gewährleistet. Eine bestehende Zufahrt kann für Geräte (LKW und Bagger) genutzt werden.
 - Nachteile: keine Nachteile

Tabelle 5.10: Variantenvergleich SS IV

| | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
| Organismenpassierbarkeit | - | - | + |
| Investitionskosten | hoch | hoch | gering |
| Instandhaltung/Ausbaggerungen | ja | ja | ja |
| Zufahrt | ja | ja | ja |

Kapitel 6

Diskussion

6.1 Eingangsdaten Zemokost - Niederschlag

ZEMOKOST verlangt als Eingabeform sogenannte u-w-Werte die sich aus dem Vorhersagemodell für konvektivem Niederschlag von (LORENZ AND SKODA, 2000) ableiten lassen. Der Hydrographische Dienst Osterreichs (HD) liefert diese Daten in Form von Tabellen bei denen Wiederkehrszeiten von 1 - 100 Jahren bei Dauerstufen bis 6 Tagen aufgelistet sind. Es erfolgt eine nochmalige Unterteilung in Ökostra-, Haöstra- und MaxModn-Werte. Als Grundlage für die Okostra-Werte dient die statistische Auswertung der Niederschlagsmessstationen. MAXMODN-Werte sind gänzlich Modellwerte. ÖKOSTRA-Werte liefern laut HD zu geringe Niederschlagswerte. MAXMODN sind in der Regel zu hoch. Eine Einführung von "Zwischenwerten" schien daher notwendig. Die Einführung von HAÖSTRA-Werten lieferte nun ausgeglichene Werte sowie eine Angabe einer Bandbreite möglicher Ergebnisse. Als Eingangsdaten für ZEMOKOST wurden alle drei Variationen verwendet und verglichen. Als Vergleichsbasis diente das Niederschlagsereignis vom 11. und 12. August 2002. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei diesem Ereignis um kein konvektives Ereignis gehandelt hat. Zemokost ist auf konvektive Niederschläge ausgelegt. Aus Aufzeichnungsknappheit wurde dieses Ereignis dennoch herangezogen. Nach der Eingabe der umgerechneten u-w-Werte in Zemokost gaben diese erhöhte Niederschlagsintensitäten für einen Zeitraum von den maßgebenden fünf Stunden wieder. Zur Kontrolle, ob die gemessenen Niederschlagswerte der Messstation Bad Goisern plausibel sind, wurden Wetterradaraufzeichnungenn und INCA-Auswertungen herangezogen. Dabei stellte sich heraus, dass die Messstationswerte (11,5 mm) noch immer höher waren als jene der Wetterradar- (3,3 mm) und INCA-Auswertungen (6,2 mm). So wurden im weiteren Verlauf die Werte 6. Diskussion 89

der Messstation Bad Goisern (HD) zur Kalibrierung herangezogen. Die Stationswerte der umliegenden Messstationen Bad Goisern ZAMG und Gosau wurden vernachlässigt. Weiters wurde versucht die Niederschlagsintensitäten durch eine räumliche Abminderung nach (MATTERN, 1996) herabzusetzen.

6.2 Eingangsdaten Zemokost - Geländemodell

Für das Einzugsgebiet des Goiserer Weißenbaches gibt es seitens der Wildbachund Lawinenverbauung eine Höhenlinienkarte mit einer Auflösung von 5 m. Hier ist anzumerken, dass im südlichen Bereich der Höhenlinienkarte ein Ausschnitt, nach Vergleich mit dem Einzugsgebiet des HD, fehlt.

6.3 Eingangsdaten Zemokost - Bodeninformationen

Für die Bestimmung der Abflussbeiwerte ist es in Zemokost erforderlich, Bodenkennwerte nach der Geländeanleitung nach (Markart et al., 2004) zu bestimmen. Jene Bodenkennwerte sind weder von den Österreichischen Bundesforsten, der Wildbach- und Lawinenverbauung noch aus der österreichischen Bodenkarte ersichtlich. Es ist hier dazu anzumerken, dass im Projekt nur eine Stichprobe pro Vegetationseinheit gemacht wurde.

6.4 Eingangsdaten Zemokost - Linienzahlanalyse

Es wird darauf hingewiesen, dass Linienzahlanlysen nur punktuelle Momentaufnahmen sind. Nach jedem Hochwasserereignis ändert sich die Kornverteilung und sollte bei weiteren Berechnungen neu aufgenommen werden.

6.5 Interpretation der Ergebnisse

Bei der Berechnung von Bemessungsereignissen, im Speziellen bei Variantel-HAÖS150mod ist darauf hinzuweisen, dass erhöhte Fließgeschwindigkeiten bis zu 5.0 m/s im unteren Bachabschnitt zu bemerken sind. Das kann auf ein zu kleines d_{90} von 0.06 m zurückzuführen sein. Dabei sei nochmals erwähnt, dass die Kornverteilung einen großen Einfluss auf das Abflussverhalten hat

6. Diskussion 90

und Linienzahlanalysen eventuell zu ungenau sind. Details zu den einzelnen Berechnungen sind in der Beilage digital enthalten und werden hier nicht separat aufgeführt.

6.6 Eingangsdaten Setrac - Profile, Punkte und Sektionen

Für das Geschiebetransportmodell Setrac ist es erforderlich, in regelmäßigen Abständen Profile zu setzen und miteinander durch Kanten zu verbinden. Die Profile wurden im unteren Bachabschnitt aus Laserscan-Aufnahmen mit einer räumlichen Auflösung von 1 x 1 Meter gewonnen. Mit einem Profilabstand von 50 Metern ist die Einteilung, vor allem im Ortsbereich, ziemlich grob gewählt. Für weitere Berechnungen empfiehlt es sich, die Profile durch terrestrische Vermessungen zu verfeineren und alle 5 - 10 Meter ein Profil zu setzen. Für eine Kalibrierung des Modells standen wenige Aufzeichnungen zur Verfügung. Im unteren Bachbereich konnte eine Sohlanhebung nach Hochwässern von 50 - 70 cm in der Natur beobachtet werden. Setrac liefert ähnliche Höhen bei Verwendung der Ergebnisse der Zemokostvariante "Variante1-HAÖS150mod" (siehe Abschnitt 5.2).

6.7 Setrac - Anmerkungen

Die Eingabe in Setrac erfolgt im XML-Format und bedarf daher genauester Vorgehensweise. Nachträgliche Änderungen sind zeitraubend und die Eingabe wird unübersichtlich. Es ist zurzeit keine aktuelle Dokumentation vorhanden. Die Funktionsweise wird mündlich durch Herrn Dr. Chiari Michael (Institut für Alpine Naturgefahren, BOKU Wien) weitergegeben. Eine Kalibrierung kann nur durch beobachtete und gemessenen Ereignisse erfolgen. Da in vielen Bächen diese Aufzeichnungen fehlen, stellen die Ergebnisse eine grobe Abschätzung des Geschiebetransportes dar. Weiters sind Speicherprobleme, Computerabstürze und Fehlermeldungen keine Seltenheit. Das Modell ist mit Bedacht einzusetzen.

6.8 Maßnahmenkatalog - Zusammenfassung

Seitens der Wildbach- und Lawinenverbauung und zum Schutz der Anrainer vor Hochwässern sind erweiterte Maßnahmen unerlässlich. Im Zuge der

6. Diskussion 91

Baumaßnahmen wird dabei auf vier Schlüsselbereiche eingegangen. Weiters wird der Forderung der Wasserrahmenrichtlinie RL 2000/60/EG auf Organismenpassierbarkeit entsprochen.

Die Bauarbeiten der Schlüsselstelle I umfassen die Neuerrichtung der Brücke ohne Mittelpfeiler sowie die Errichtung eines Klappenwehrs. In Hinblick auf die Bedienbarkeit des automatischen Klappenwehrs soll dieses auch manuell zu betätigen sein. Örtliche Anpassung der Uferverbauung sowie der Sohlstabilisierung sind vorzunehmen. Als Möglichkeit für die Herstellung der Organismenpassierbarkeit kann die Ausleitungsstrecke verwendet werden. Diesbezüglich sind noch Untersuchungen anzustellen. Für die Berechnung und Projektierung des Klappenwehrs ist ein dazu befähigter Ziviltechniker zu beauftragen. Weiters muss die Frage der Restwasserdotation geklärt werden. In den Sommermonaten ist die Restwasserstrecke beinahe trocken. Laut Wasserrechtsbescheid ist für das Unternehmen "Deubler" keine Pflichtwassermenge vorgesehen.

Die Schlüsselstelle II umfasst die Herstellung der Durchgängigkeit ab hm 0,25. Weiters muss auf das Einleitungsbauwerk des Herrn Aitenbichler Bedacht genommen werden. Bei einer vollständigen Öffnung des Klappenwehrs ist die Geschiebeanlandung zwischen hm 0,00 und 2,00 noch zu untersuchen.

Die Schlüsselstelle III sieht Maßnahmen zum Schutz der Ortschaft Weißenbach bei Bad Goisern vor. Im Falle der Errichtung des Klappenwehrs ist mit einer Absenkung der Bachsohle bis zu 80 cm bei hm 2,50 zu rechnen. Dabei muss die bestehende Ufersicherung rechtsufrig stabilisiert und die neu zu errichtende Grobsteinschlichtung linksufrig genügend tief in den Untergrund eingebunden werden. Die bestehende Ufermauer ab hm 3,50 soll erhöht werden. Eine Sohlstabilisierung ist auf jeden Fall vorzunehmen.

Die Schlüsselstelle IV umfasst die Entschärfung der Geschiebeproblematik im unteren Bachabschnitt. Die Netzsperre bei hm 14,0 soll bestehen bleiben. Das Netz wurde vor allem als Wildholzrechen ausgeführt und nimmt auch die Aufgabe der Geschiebedosierung wahr. Eine Durchgängigkeit ist gewährleistet. Im Hochwasserfall bietet sich der Platz unmittelbar hinter der Netzsperre als geeigneter Geschieberetentionsbereich an. Dieser sollte nach jedem größerem Ereignis und vor allem nach Bedarf von Geschiebe und Schwemmholz geräumt werden.

Literaturverzeichnis

- Aoki, K. (2003). Stammablauf und Interzeption in zwei Waldbeständen in Abhängigkeit von meteorologischen Variablen. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Waldökologie.
- Bathurst, J. C., W. H. Graf, and H. H. Cao (1987). Bed load discharge equations for steep mountain rivers. In: Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers, edited by Throne, C.R. Bathurst, J.C. and Hey, R.D., John Wiley, New York: pp. 453 477.
- BMLFUW (2004). eHYD das Protal für hydrographische Daten Österreichs im Internet. http://www.lebensministerium.at.
- DVWK (1985). Niederschlag Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer: Niederschlagsmessungen, Auswertung (Ausg. Dezember 1985 ed.), Volume 121 of ATV-Regelwerk: A. Hennef: GFA Verl. für Abwasser Abfall u. Gewässerschutz.
- Dyck, S. and G. Peschke (1995). *Grundlagen der Hydrologie*. Verlag für Bauwesen.
- Fehr, R. (1987). Geschiebeanalysen in Gebirgsflüssen. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Mitteilung 92. ETH Zürich.
- Foufoula-Georgiou, E. and Wilson L. L. (1990). In search of regularities in extreme rainstorms. J. Geophys. Res., vol. 95, pp. 2061-2072.
- Friedl, K. (2004). Computergestützte Modellierung von Sedimenttransport in alpienen Einzugsgebieten unter Anwendung Geographischer Informationssysteme. Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation.
- Fürst, J. (2008). Skriptum zur Vorlesung mit Übung Gewässerkunde und Hydrometrie. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstr. Wasserbau.

Literaturverzeichnis 93

Izzard, C. F. (1946). *Hydraulics of runoff from developed surfaces*. Proc. Highway Research Board, Vol. 26, pp. 129-150.

- Kirnbauer, R. (2003). Mathematische Modelle zur Berechnung des Niederschlag-Abfluss-Prozesses (NA-Modelle): Bericht im Rahmen des Projektes ETAlp Gesamtheiliche Erfassung von Abfluss-, Erosions- und Transportvorgängen in Wildbacheinzugsgebieten. Teilprojekt Niederschlag/Abfluss. Wien: BMLFUW.
- Kohl, B. and L. Stepanek (2004). Zemokost: Laufzeitverfahren zur Hochwasserabschätung in Wildbacheinzugsgebieten nach Zeller modifiziert durch Kohl und Stepanek. Benutzerhandbuch, Kurzanleitung. Institut für Lawinen- und Wildbachforschung, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald BFW, unveröffentlicht.
- Lecher, K. (2001). Taschenbuch der Wasserwirtschaft (8., vollig neubearb. Aufl. ed.). Hamburg: Parey Buchverlag.
- Lorenz, P. and G. Skoda (2000). Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen (D < 12 Stunden) mit inadäquaten Daten. Mitt. Hydr. Dienst in Österr. J.80: S. 1 - 24.
- Maniak, U. (1997). Hydrologie und Wasserwirtschaft: Eine Einführung für Ingenieure (4., überarb. und erw. Aufl. ed.). Berlin: Springer.
- Markart, G., B. Kohl, and R. Kirnbauer (2003). Abschätzung von Abflussbeiwerten Übersicht vorhandener wissenschaftlicher Grundlagen und Modelle betreffend den Niederschlag. Bericht im Rahmen des Projektes ETAlp Gesamtheitliche Erfassung von Abfluss-, Erosions- und Transportvorgägnen in Wildbacheinzugsgebieten. Teilprojektgruppe Niederschlag/Abfluss. Wien: BMLFUW.
- Markart, G., B. Kohl, B. Sotiers, T. Schauer, G. Bunza, and R. Stern (2004). Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0), Volume 3. Wien: Bundesamt und Forschungszentrum für Wald.
- Mattern, M. (1996). Räumliche Abminderung von Starkniederschlägen. Diplomarbeit. Diplomarbeit an der Universität Wien, Institut für Meteorologie und Geophysik.
- Meyer-Peter, E. and R. Müller (1949). Eine Formel zur Berechnung des Geschiebetriebs. Schweizerische Bauzeitung, H. 67: S. 29 32.
- ÖKOSTRA-93 (1992). Österreichische koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung. Heft 3 (Ed. G. Skoda): Eine optimierte Starkniederschlagsauswertung, Forschungsbericht, BMLF, Wien.

Literaturverzeichnis 94

ÖN B2400 (2004). Hydrologie - Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen - Ergänzende Bestimmungen zur ÖNORM EN ISO 772 und ÖNORM EN ISO 772/A1.

- Pürstinger, C. (2005). Technischer Bericht zu Bauprogramm für Einzelbaumaßnahmen 2005. WLV Gebietsbauleitung Inneres Salzkammergut, unveröffentlicht.
- Rickenmann, D. (1990a). Bedload Transportcapacity of slurry flows at steep slopes. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Mitteilungen Nr. 103. ETH Zürich.
- Rickenmann, D. (1996). Fließgeschwindigkeit in Wildbächen und Gebirgsflüssen. Wasser, Energie, Luft, J. 88, H. 11/12: S. 298 - 304.
- Schauer, T. (2002). Pflanzen als Abflusszeiger Auswertung von Beregnungsversuchen. München: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.
- Schimpf, H. (1970). Untersuchungen über das Auftreten beachtlicher Niederschläge in Österreich. Österreichische Wasserwirtschaft, J. 22, H. 5/6: S. 121.
- Skoda, G., V. Weilguni, and T. Haiden (2003). Konvektive Starkniederschläge Niederschlag in 15, 60 und 180 Minuten: HAÖ. Wien: Österr. Kunstund Kulturverein.
- Smart, G. M. and M. N. R. Jäggi (1983). Sedimenttransport in steilen Gerinnen. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Mitteilungen Nr. 64. ETH Zürich.
- van Husen, D. (1977). Zur Fazies und Stratigraphie der jungpleistozänen Ablagerungen im Trauntal. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Watzinger, A. and D. Gutknecht (1996). Aufbereitung und Basisanalyse der Starkregendaten aus den Hydrographischen Jahrbüchern 1948 1993. TU Wien, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft.
- Whittaker, J. and M. Jäggi (1986). *Blockschwellen*. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Mitteilungen Nr. 91. ETH Zürich.
- Zeller, J. (1974). Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchwesen, Bericht Nr. 126. Birmensdorf.

Anhang A

Technische Ergänzungen

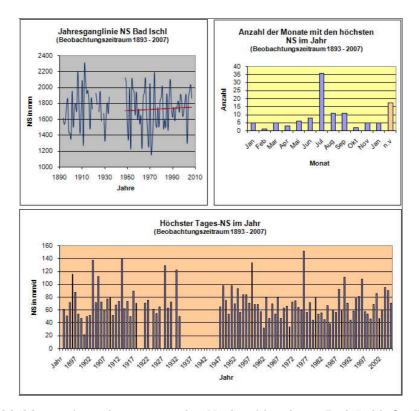
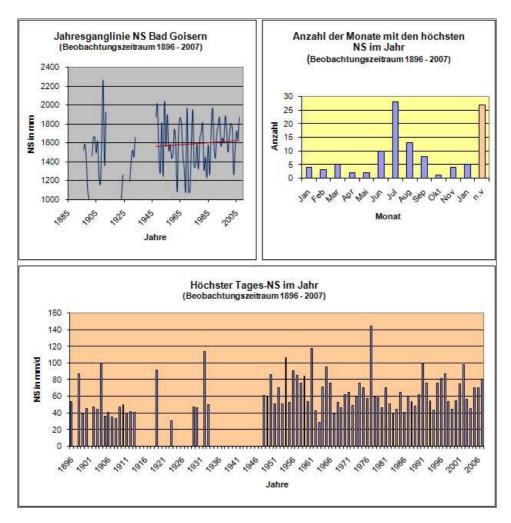


Abbildung A.1: Auswertung der Niederschlagsdaten Bad Ischl Quelle: eHYD



 $\bf Abbildung~A.2:$ Auswertung der Niederschlagsdaten Bad Goisern Quelle: eHYD

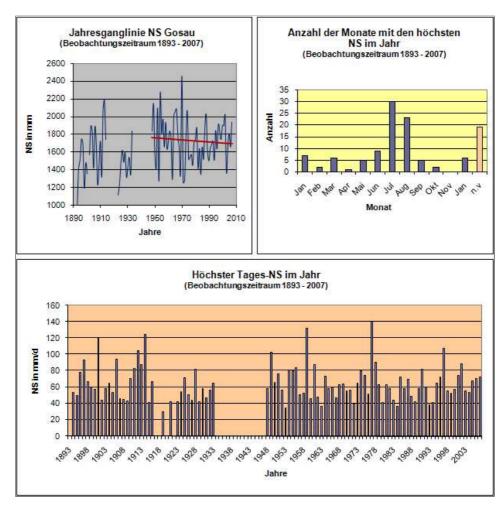
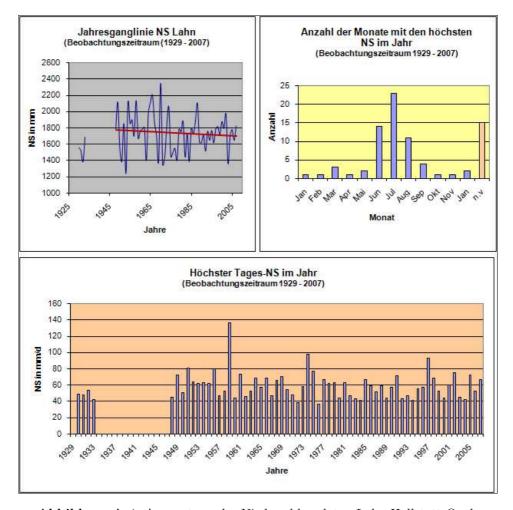


Abbildung A.3: Auswertung der Niederschlagsdaten Gosau Quelle: eHYD



 $\bf Abbildung~A.4:$ Auswertung der Niederschlagsdaten Lahn-Hallstatt Quelle: eHYD

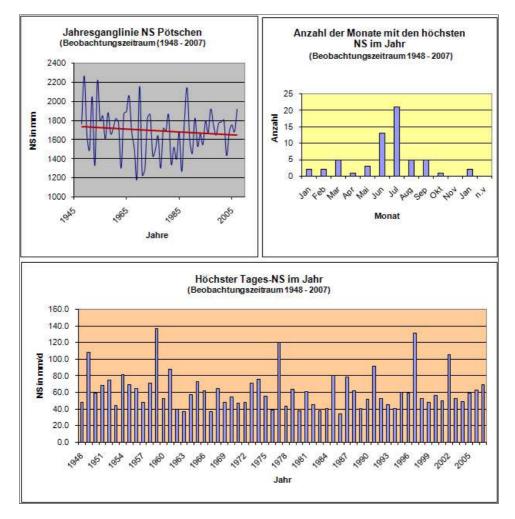


Abbildung A.5: Auswertung der Niederschlagsdaten Pötschen Quelle: eHYD

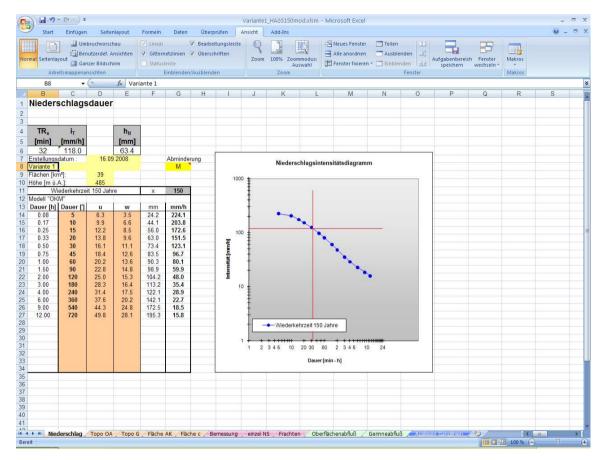


Abbildung A.6: Arbeitsblatt Niederschlag: Eingabe der HAöSTRA-Werte in Zemokost.

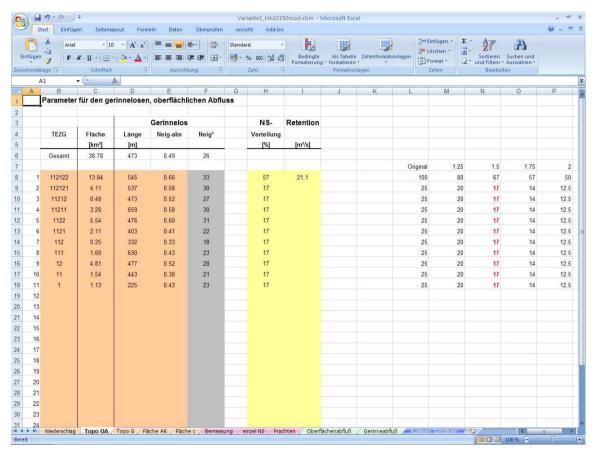


Abbildung A.7: Arbeitsblatt Topo OA: Parameter des Oberflächenabflusses, NS-Verteilung modifiziert, Zemokost.

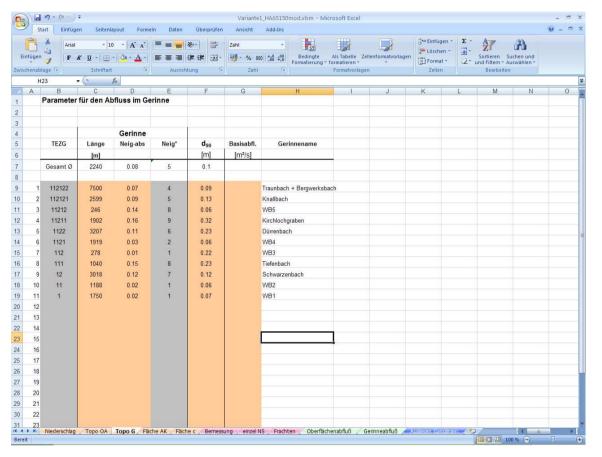


Abbildung A.8: Arbeitsblatt Topo G: Parameter des Gerinneabflusses, Basisabfluss vernachlässigt, Zemokost.

,

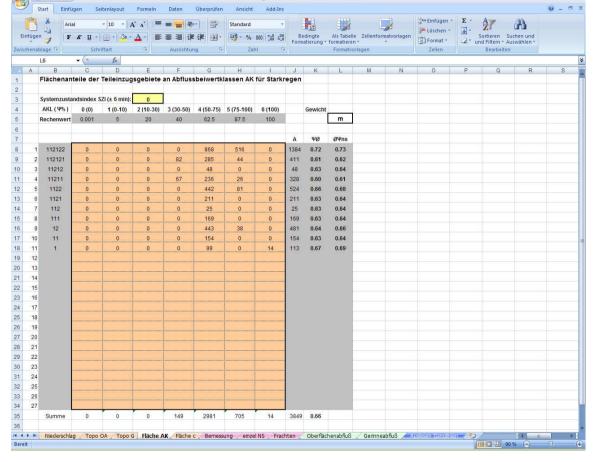


Abbildung A.9: Arbeitsblatt Fläche AK: Flächenanteile der Teileinzugsgebiete an Abflussklassen, Zemokost.

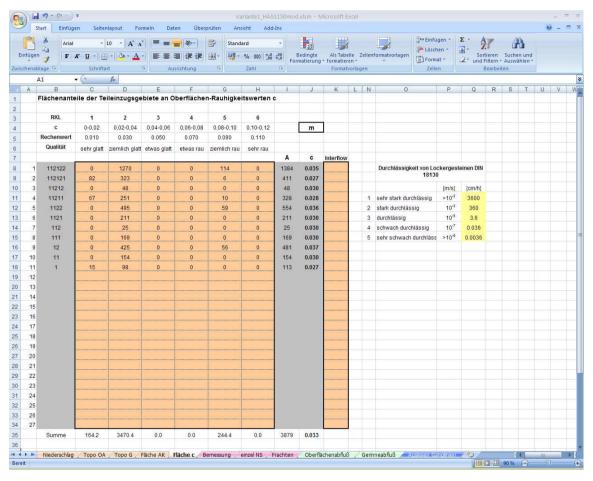


Abbildung A.10: Arbeitsblatt Fläche c: Flächenanteile der Teileinzugsgebiete an Oberflächenrauhigkeitswerten c, Zemokost.

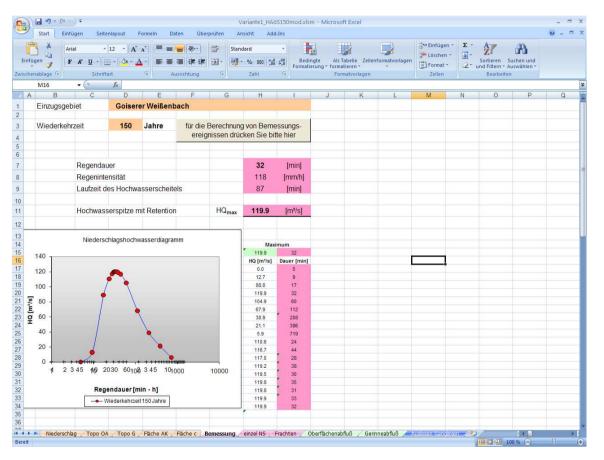


Abbildung A.11: Arbeitsblatt Bemessung: Bemessungsabfluss Variante 1 bei HQ_{150} modifiziert, Zemokost.

| 1) | (1) - (1) - | | | Famous | . 6 | are Ore | | | | od.xism - r | Aicrosoft Exc | EI | | | | | | - 0 - | m |
|-----|--------------|--------------|----------------|-----------|----------|--------------|----------|-----------------------------|----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------------|--------------------------------|-----|-----------------|------------|----------|---|
| inf | Start Einfü | | 12 - | A A | = = | | | Ansicht Standard 9 - % 000 | *±0 ,00 0.+ | Bedingte | Als Tabelle | Zellenform | atvorlagen | Emfügen → Löschen → Format → | Σ - | Z/ Sortieren | Suchen und | - | |
| | nenablage 5 | Schrift | | 6 | | Ausrichtung | 6 | Zahl | [50 P50] F | ormatierung | * formatieren Formatvor | | | Zellen | 2 . | and Filtern = | | | |
| CH | | - (a | f _x | 150 (1 | | tusticituity | 16) (| 2.0111 | 8801 | | 1 Offiliateor | lageli | | Zellell | | Deatheit | EH | | |
| | A | В | C | | D | Е | F | G | Н | Be | arbeitungsleist | e K | L | M | N | 0 | Р | 0 | |
| | Teil - EZG | E | ΣΙ | | ob | С | С | Lob | i _T | t _{ob} | V _{OB} | t _{ZA} | VZA | | | | | | |
| | (Index) | [km²] | [kn | | [°] | [-] | [-] | mittel [m] | | [min] | [cm/sec] | [h] | [m/h] | | | | | | |
| | Gesamt | 38.78 | | | 26 | 0.03 | 0.65 | 473 | 118.0 | 8.9 | 89.0 | 50.0 | 0.3 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 112122 | 13.84 | | | 33 | 0.03 | 0.73 | 545 | 67.2 | 13.6 | 66.5 | 12810 | 0.0 | 1 | | | | | |
| | 112121 | 4.11 | 4.1 | | 30 | 0.03 | 0.62 | 537 | 19.7 | 27.3 | 32.8 | 23572 | 0.0 | 2 | | | | | |
| | 11212 | 0.48 | 18. | | 27 | 0.03 | 0.64 | 473 | 19.7 | 29.5 | 26.8 | 24052 | 0.0 | 3 | | | | | |
| | 11211 | 3.28 | 3.2 | | 30 | 0.03 | 0.61 | 659 | 19.7 | 30.4 | 36.1 | 24853 | 0.0 | 4 | | | | | |
| | 1122 | 5.54 | 5.5 | | 31 | 0.04 | 0.68 | 476 | 19.7 | 33.1 | 24.0 | 25070 | 0.0 | 5 | | | | | |
| | 1121 | 2.11 | 23. | | 22 | 0.03 | 0.64 | 403 | 19.7 | 29.9 | 22.5 | 24395 | 0.0 | 6 | | | | | - |
| | 112 | 0.25 | 29. | | 18 | 0.03 | 0.64 | 332 | 19.7 | 29.9 | 18.5 | 24413 | 0.0 | 7 | | | | , | - |
| | 111 | 1.69 | 1.6 | | 23 | 0.03 | 0.64 | 630 | 19.7 | 34.1 | 30.8 | 27871 | 0.0 | 8 | | | | | |
| | 12 | 4.81 1.54 | 4.8 32. | | 28 21 | 0.04 | 0.66 | 477 | 19.7 | 35.6 31.5 | 22.3 | 25011 25686 | 0.0 | 9 10 | | | | | |
| | 11 | 1.13 | 38. | | 23 | 0.03 | 0.64 | 443 225 | 19.7 19.7 | 21.1 | 23.5 17.8 | 21792 | 0.0 | 11 | | | | | |
| | 1 | 1.13 | 30. | 10 2 | 23 | 0.03 | 0.09 | 223 | 19.7 | 21.1 | 17.0 | 21792 | 0.0 | 12 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 13 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 14 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 15 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 16 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 17 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 19 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 20 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 21 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 22 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 23 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 24 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 25 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 26 | | | | | |
| | | - | | | | | | | | | | | | 27 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 100000 000 | | - | | | | | | | |
| t | Niederschlag | Topo O | A Topo | G / Flach | e AK | Fläche c | Bemessun | g einzel NS | Frachter | Oberfl | ichenabfluß | Gerinneal | ofluß 🚙 | is cases Gerela at a | | | 100 % (-) | III. | |

Abbildung A.12: Arbeitsblatt Oberflächenabfluss: Ergebnisse Oberflächenabfluss, Zemokost.

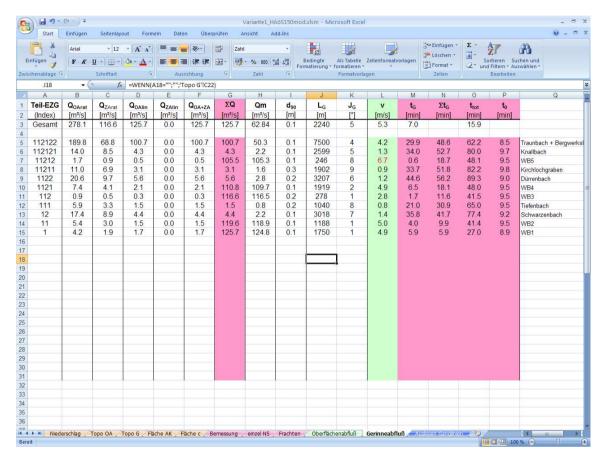


Abbildung A.13: Arbeitsblatt Gerinneabfluss: Ergebnisse Gerinneabfluss, Zemokost.

```
Liquid XML Studio - FREE Community Edition
                                                                                                                                                                                                                                                _ FX
 File Edit View Tools Window Help
 : [ ② 2 ] [ ]
Start Page Crossections_wb_end_Wehroffen.xml
               1 <!-- Querprofile Projekt Goiserer Weißenbach -->
               2 <!-- Erstellungsdatum: 24.08.08 -->
               4 <!-- Type: Bezieht sich auf Segment rechts des QuerprofilstOtzpunktes, d.h der letzte (rechteste) -->
              5 <!--
6 <!--
7 <!--
8 <!--
                                     StOtzpunkt hat keinen Typ (Type) zugeordnet. -->
                                     M ... Main channel -->
                                    B ... Bank -->
                                    R ... Riparian -->
             10 <!-- StOtzpunkte: Die QuerprofilstOtzpunkte mOssen im lokalen x-Koordinatensystem sortiert sein -->
             12 = <XSecFile>
            14 | CXSec>
15 | CIdy
16 | CNsec|
17 | CGree
18 | GGree
19 |
20 | CPnt
21 | CPnt
22 | CPnt
23 | CPnt
25 | CPnt
26 | CPnt
27 | CPnt
28 | CPnt
29 | CXSec>
30 |
31 | 31 | 31 |
33 | CNsec|
36 | GGree
36 | CFnt
37 | CPnt
38 | CPnt
39 | CPnt
40 | CPnt
41 | CPnt
41 | CPnt
42 | CPnt
43 | CPnt
44 | CFnt
45 | CPnt
46 | CPnt
47 | CPnt
48 | CPnt
49 | CPnt
40 | CPnt
41 | CPnt
41 | CPnt
42 | CPnt
43 | CPnt
44 | CPnt
44 | CPnt
44 | CPnt
45 | CPnt
46 | CPnt
47 | CPnt
48 | CPnt
49 | CPnt
40 | CPnt
41 | CPnt
41 | CPnt
44 | CPnt
                          <Id>501</Id>
                          <Name>WB hm 0.0</Name>
                         <GrainSizeDist_AL>LZA1</GrainSizeDist_AL>
                         <GrainSizeDist BL>LZA1</GrainSizeDist BL>
                          <Pnt>0, 485.66, B</Pnt>
                          <Pnt>1, 485.66, B</Pnt>
                          <Pnt>4, 483.83, M</Pnt>
                          <Pnt>7, 483.78, M</Pnt>
                          <Pnt>9, 483.72, M</Pnt>
                          <Pnt>10, 483.74, M</Pnt>
                         <Pnt>A12, 483.70, M</Pnt>
                          <Pnt>13, 483.74, M</Pnt>
                          <Pnt>14, 485.66, </Pnt>
                         <XSec>
<Id>502</Id>
                          <Name>WB hm 0.5</Name>
                         <GrainSizeDist_AL>LZA1</GrainSizeDist_AL>
<GrainSizeDist_BL>LZA1</GrainSizeDist_BL>
                          <Pnt>0, 487.12, B</Pnt>
                          <Pnt>2, 487.00, B</Pnt>
                          <Pnt>3, 486.82, B</Pnt>
                          <Pnt>7, 485.26, M</Pnt>
                          <Pnt>8, 485.15, M</Pnt>
<Pnt>10, 485.23, M</Pnt>
                          <Pnt>A12, 485.12, M</Pnt>
                          <Pnt>14, 485.20, M</Pnt>
                          <Pnt>17, 485.28, B</Pnt>
                          <Pnt>19, 487.02, B</Pnt>
    Error List
```

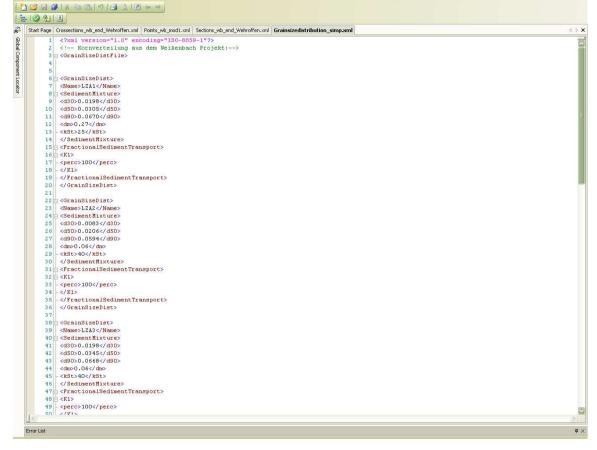
Abbildung A.14: Eingabeformat für Querprofile in Setrac

```
Liquid XML Studio - FREE Community Edition
                                                                                                                                              File Edit View Tools Window Help
 Open Start Page Points_wb_end_Wehroffen.xml
         1 k!-- Knoten, Projekt ?? -->
            <!-- Erstellungsdatum: xxxxxx -->
         4 <!-- GOltige XML-Kindelemente von Pnt: -->
       <Pnt>
<Id>100</Id>
<x>20611</x>
       <y>280536
<XSecId>501</XSecId>
               <Id>101</Id>
             <x>20584</x>
<x>20584</x>
<y>280504</y>
<XSecId>502</XSecId>
</Pnt>
               <Id>0</Id>
               <x>20542</x>
               <y>280475</y>
<XSecId>0</XSecId>
              </Pnt>
                <Pnt>
               <Id>102</Id>
               <y>280449</y>
<XSecId>503</XSecId>
              </Pnt>
                <Pnt>
                <Id>103</Id>
               <y>280448<XSecId>504</XSecId>
```

Abbildung A.15: Eingabeformat für Punkte in Setrac

```
Liquid XML Studio - FREE Community Edition
 File Edit View Tools Window Help
 1 to 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1
Start Page | Sections_wb_end_Wehroffen.xml
          1 <!-- Sektionen, Projekt Tutorial1 -->
2 <!-- Erstellungs C:\Temp\Diplomarbeit\3.Geschiebe\Setrac\Project_data\endversion\Sections_wb_end_Wehroffen.xml
           4 <!-- GDltige XML-Kindelemente von Sec: -->
          6 <!-- Id ... Primaerschluessel der Sektion (verpflichtend),
7 <!-- FromPnt ... Id des Beginnknotens (verpflichtend), [1] -->
                                   ... Primaerschluessel der Sektion (verpflichtend), [1] -->
         8 <!-- ToPnt
9 <!-- Length
10 <!-- z_Hain
                                   ... Id des Endknotens (verpflichtend), [1] -->
                                  ... wahre Laenge (schraeg) der Sektion (optional), [m] -->
... Hoehe der erodierbaren Sedimente im Hauptgerinne (optional), [m3/m2] -->
         11 <!-- Step
                                   ... Absturz ohne Berechnung des Pgelschluessels und des Geschiebtransports fuer schnelle Berechnung -->
         12 <!-- Exp_a
13
                                   ... variabler Exponent a fuer die Berechnung des reduzierten Energieliniengefaelles-->
        14 = <SecFile>
                  <FromPnt>57</FromPnt>
                  <FromPnt>56</FromPnt>
<ToPnt>55</ToPnt>
                   <!-- Chorinsky Klause -->
                   <FromPnt>55</FromPnt>
                   <Step>ChK</Step><!-- Vorsicht "S" bei Step groß schreiben -->
         42 =
43
44
                   <Id>3</Id>
                   <FromPnt>54</FromPnt>
                   <ToPnt>53</ToPnt>
         45
                   <Length>80</Length>
   Error List
```

Abbildung A.16: Eingabeformat für Sektionen in Setrac



Liquid XML Studio - FREE Community Edition
File Edit View Tools Window Help

Abbildung A.17: Eingabeformat der Korngrößen in Setrac