



**Universität für Bodenkultur Wien**  
Department Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Alpine Naturgefahren (IAN)

Peter Jordan Str. 82  
A-1190 WIEN

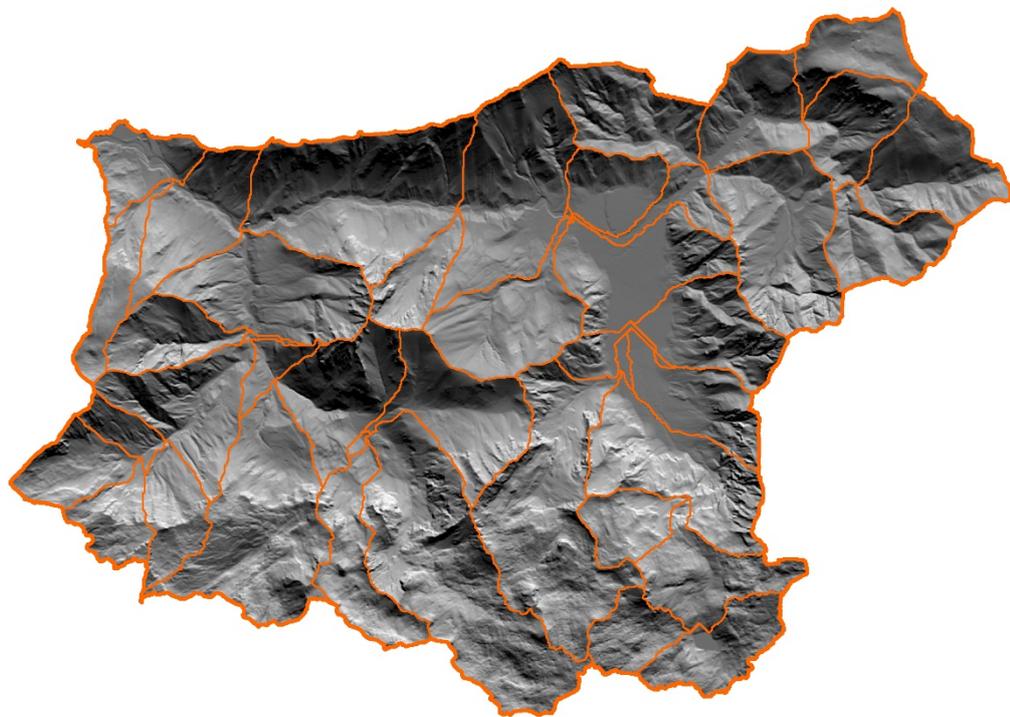
Tel.: +43-1-47654-4350  
Fax: +43-1-47654-4390



## IAN REPORT 151

Band 2:

Niederschlag-Abflussmodellierung Frauenweißenbach



Im Auftrag:



**Wildbach- und Lawinenverbauung**  
**Gebietsbauleitung Oberösterreich**  
**West**



Wien, am 29. Oktober 2020



Report 151: Band 2  
Niederschlag-Abflussmodellierung Frauenweißenbach

Im Auftrag von: Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung  
Oberösterreich West

GZ: VI - 1872 - 2012

Projektleitung: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hübl Johannes

Mitarbeiter: DI Ördögh Max

Universität für Bodenkultur  
Department Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Alpine Naturgefahren  
Peter Jordan Str. 82  
A – 1190 Wien  
Tel.: +43-1-47654-4350  
Fax: +43-1-47654-4390

Report Nr. 151, Band 2:

Referenz (Literaturzitat): Hübl, J., Ördögh M. (2020): Niederschlag-Abflussmodellierung Frauenweißenbach, IAN Report 151 (Band 2): Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien

Wien, am 29. Oktober 2020



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GEBIETSÜBERBLICK UND GEBIETSEIGENSCHAFTEN</b> .....	<b>4</b>
2.1	Geographische Beschreibung.....	4
2.2	Geologie.....	5
2.3	Morphologie .....	5
2.4	Forstwirtschaft.....	7
2.5	Industrie und Verkehr.....	7
2.6	Meteorologie .....	8
<b>3</b>	<b>KRITERIEN FÜR DIE MODELLWAHL</b> .....	<b>9</b>
3.1	Kausalität und Modellkomplexität.....	9
3.2	Räumliche Gliederung.....	9
3.3	Zeitliche Gliederung .....	9
3.4	Interzeption, Verdunstung und Schnee .....	9
3.5	Abflussbildung nach SCS.....	10
3.6	Modifikation der Curve Number.....	13
3.7	Basisabfluss .....	15
3.8	Abflusstransformation .....	15
3.9	Gerinnerouting .....	15
3.10	Typische Berechnungsansätze nach Aufgabenstellung.....	15
3.10.1	Abflussformel nach Wundt (1953).....	15
3.10.2	Dimensionslose Einheitsganglinie (DUH) nach Fang et al. (2005) ....	16
<b>4</b>	<b>WAHL DER MODELLPARAMETER</b> .....	<b>19</b>
4.1	Belastungsmodell (Niederschlag).....	19
4.1.1	Gitterpunktkarte (eHyd) .....	19
4.1.2	Sanfte Abminderung nach Lorenz & Skoda (2001) .....	20
4.2	Hydrologische Gebietsparameter.....	21



4.2.1	Fläche .....	21
4.2.2	Hydraulische Länge.....	21
4.2.3	Curve Number .....	21
4.2.4	Mittleres Gefälle.....	23
4.2.5	Peak Rate Faktor (PRF) .....	23
4.2.6	Lag-Time .....	24
<b>5</b>	<b>ABFLUSSERMITTLUNG (HEC-HMS).....</b>	<b>26</b>
5.1	Allgemeine Information .....	26
5.2	Lage Bemessungspunkte.....	27
5.3	Offensee .....	27
<b>6</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>29</b>
6.1	Hektometer 0,0.....	29
6.1.1	Abfluss .....	29
6.1.2	Abflussfracht.....	30
6.2	Hektometer 55,0.....	31
6.2.1	Abfluss .....	31
6.2.2	Abflussfracht.....	32
6.3	Retentionswirkung Offensee .....	33
6.3.1	Wasserstand, Speichermenge.....	33
6.3.2	Abflussdämpfung.....	34
<b>7</b>	<b>PLAUSIBILISIERUNG UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>35</b>
7.1	Bemessungswerte vom Hydrographischen Dienst.....	35
7.1.1	Empirische Berechnungen am Frauenweißenbach.....	35
7.1.2	Lokale Hochwasserabflüsse .....	36
7.2	Abflusswerte Langbathbach (Puchinger, 1993).....	36
7.3	Hüllkurvenverfahren (Wundt, 1953) .....	36
7.4	Schlussfolgerung.....	38
<b>8</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>39</b>



# 1 Aufgabenstellung

In Ergänzung zu Band 1 (Optimierung der Geschiebebewirtschaftung und Schutzmaßnahmen am Gimbach) widmet sich Band 2 der Niederschlag-Abflussmodellierung für das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches.

Für das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches/Offenseebach wird im nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP 2015) aktuell ein Mäßiger Zustand (3) angegeben. Dieses Projekt soll als ein wichtiges Planungsinstrument für künftige Projekte im Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches dienen und eine Verbesserung auf einen Guten Zustand (2) bis 2027 ermöglichen.

Im Projekt soll der Basis-Bemessungswert für ein 100-jährliches Ereignis berechnet werden, der für die Dimensionierung von technischen Schutzmaßnahmen im Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches herangezogen wird. Als Leitprozess wird Hochwasser (Intensitätsfaktor= 1,0) angenommen. Änderungen in der Landnutzung, klimatische Veränderungen und die Wirkung von Schutzmaßnahmen werden nicht berücksichtigt.

Neben der Ermittlung eines Basis-Bemessungswertes gilt es wichtige, im Einzugsgebiet stattfindenden hydrologischen Prozesse zu beschreiben. Dies beinhaltet eine umfangreiche Niederschlagsanalyse, die Implementierung von gebietscharakteristischen Modellparametern in ein Niederschlag-Abfluss (N-A) Modell sowie die den örtlichen Gegebenheiten angepasste Wahl geeigneter Berechnungsmethoden.

Das N-A Modell soll es ermöglichen, auf künftige Veränderungen im Einzugsgebiet (z.B. Änderung in der Landbedeckung) schnell und effizient reagieren zu können. Zusätzlich wird im Rahmen dieses Projektes die Retentionswirkung des Offensees, ein östlich im Einzugsgebiet gelegener Bergsee, während einem Hochwasserereignis untersucht.



## 2 Gebietsüberblick und Gebietseigenschaften

### 2.1 Geographische Beschreibung

Der Frauenweißenbach ist ein mächtiger, rechtsufriger Zubringer der Traun, in die er nahe der Ortschaft Lahnstein mündet, wobei die Traun durch den mächtigen Schwemmkegel des Frauenweißenbaches nach Westen abgedrängt wird.

Das orographische Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches weist eine Gesamtfläche von knapp 86 km<sup>2</sup> auf (Abbildung 1). Der Frauenweißenbach teilt sich nach einem knapp 3 km langen Unterlauf in den rechtsufrig mündenden Offenseebach bzw. den linksufrigen Schwarzenbach. Ersterer teilt sich wieder bei hm 55,0 in den Offenseebach und den Grieseneckbach, welcher aus der Vereinigung des Höllgrabens, des Steinbaches und des Grubenbaches entsteht.

Der Schwarzenbach ist in seinem Oberlauf ebenfalls aufgefächert, und zwar in den eigentlichen Schwarzenbach, den Kesselbach EZG und den Gimbach.

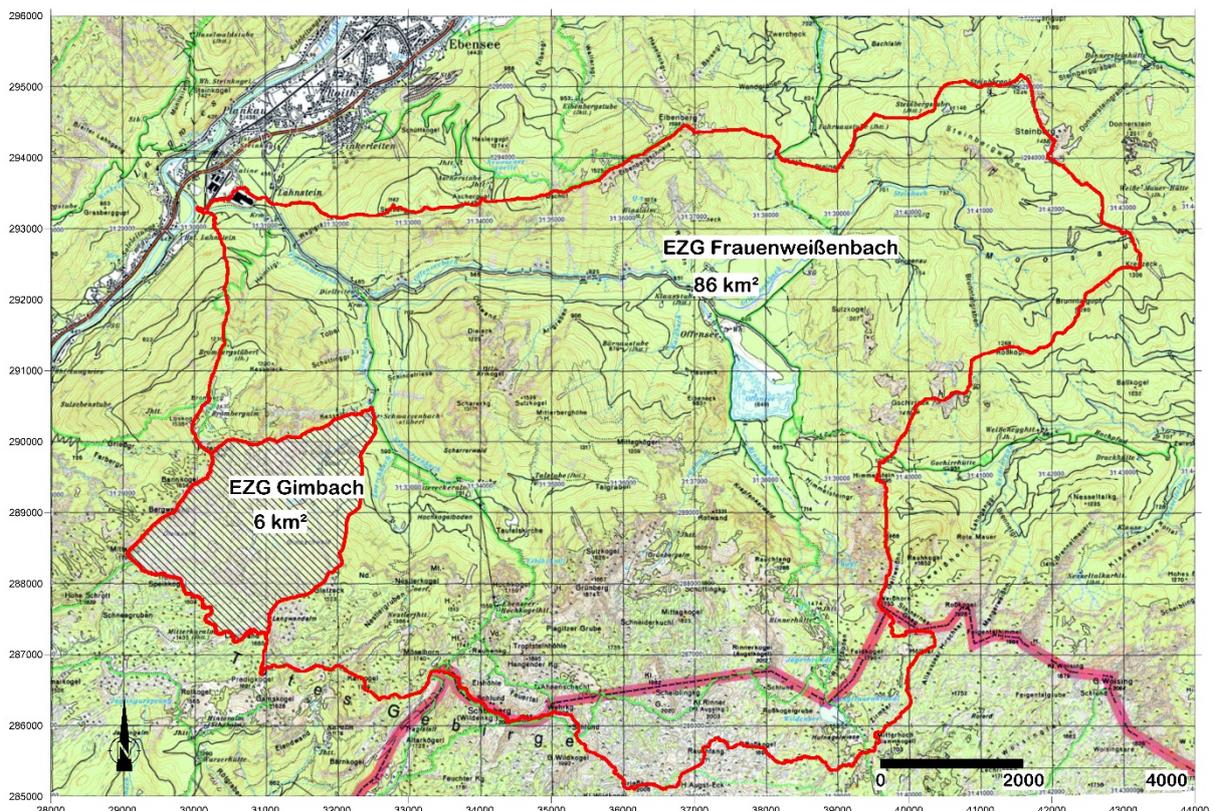


Abbildung 1: Einzugsgebiet Frauenweißenbach (ÖK 50)



## 2.2 Geologie

Im gegenständlichen Gebiet überwiegen als Grundgestein triassische Kalkformationen, vorwiegend Dolomite, welche durch Würmmoränen 40-80 m hoch überlagert sind. Reste der Grundmoränen sind an Kalk-Kreideschichten (durch Druck und Schriff pulverisiertes Kalkgestein) zu erkennen. Diese nach Luftzutritt leicht erodierbaren Kalkkreideschichten bilden im Bereich des Offenseetales den Fuß der in den Unterhängen auflagernden Moränenbänke. Ältere glaziale Ablagerungen treten lokal in nagelfluhartigen, mäßig verfestigten Konglomeraten auf.

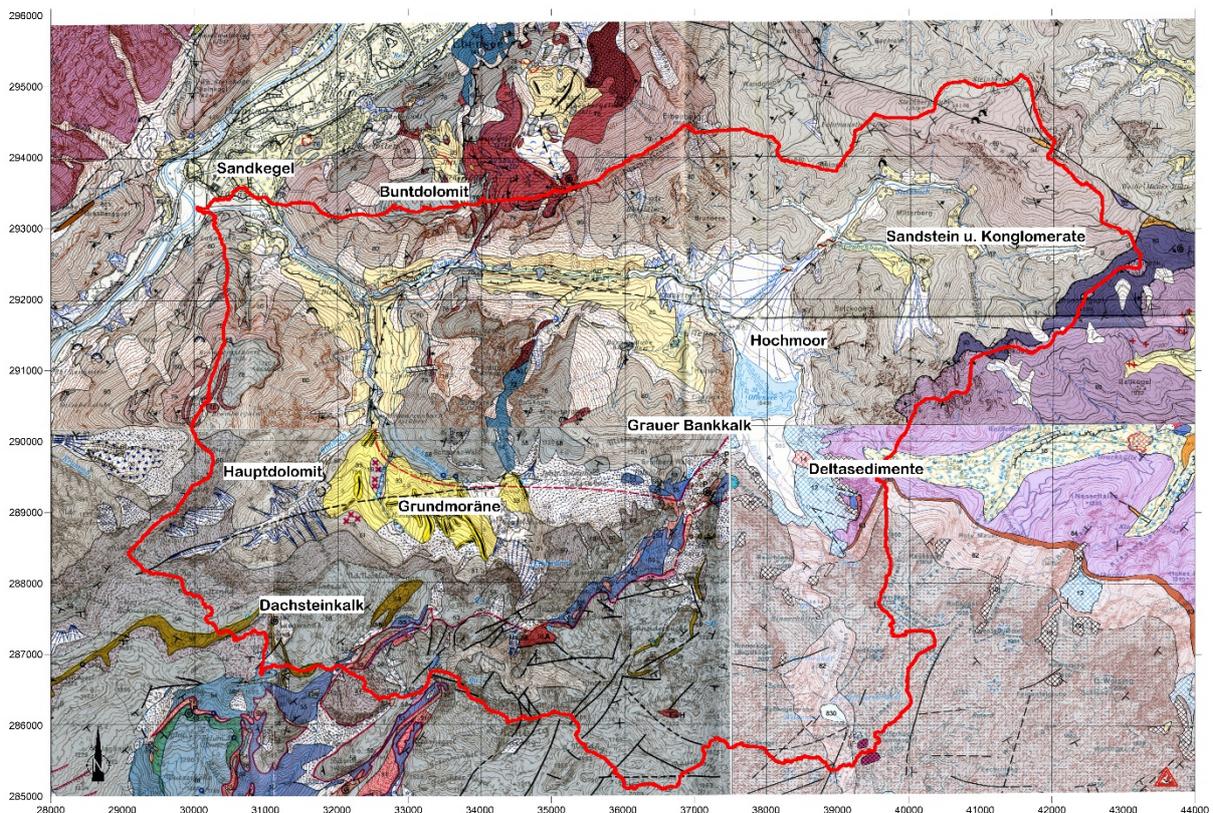


Abbildung 2: Ausschnitt aus der Geologischen Karte (ÖK 50) für das Einzugsgebiet des Frauenweißbaches (Geologische Bundesanstalt, 1982)

## 2.3 Morphologie

Das Einzugsgebiet des Frauenweißbaches ist von schroffen Kalkformen umrahmt, welche in ihren karartigen Abdachungen die ehemaligen Nährgebiete eines Lokalgletschers erkennen lassen. Jener Offenseegletscher führte durch seinen Stau an dem in das Offenseetal gerichteten Seitenarm des Traungletschers zu mächtigen glazialen Verfüllungen des Haupttales, die durch Randmoränen des aus dem Haupttal vorstoßenden Zungenbeckens noch verstärkt wurden.

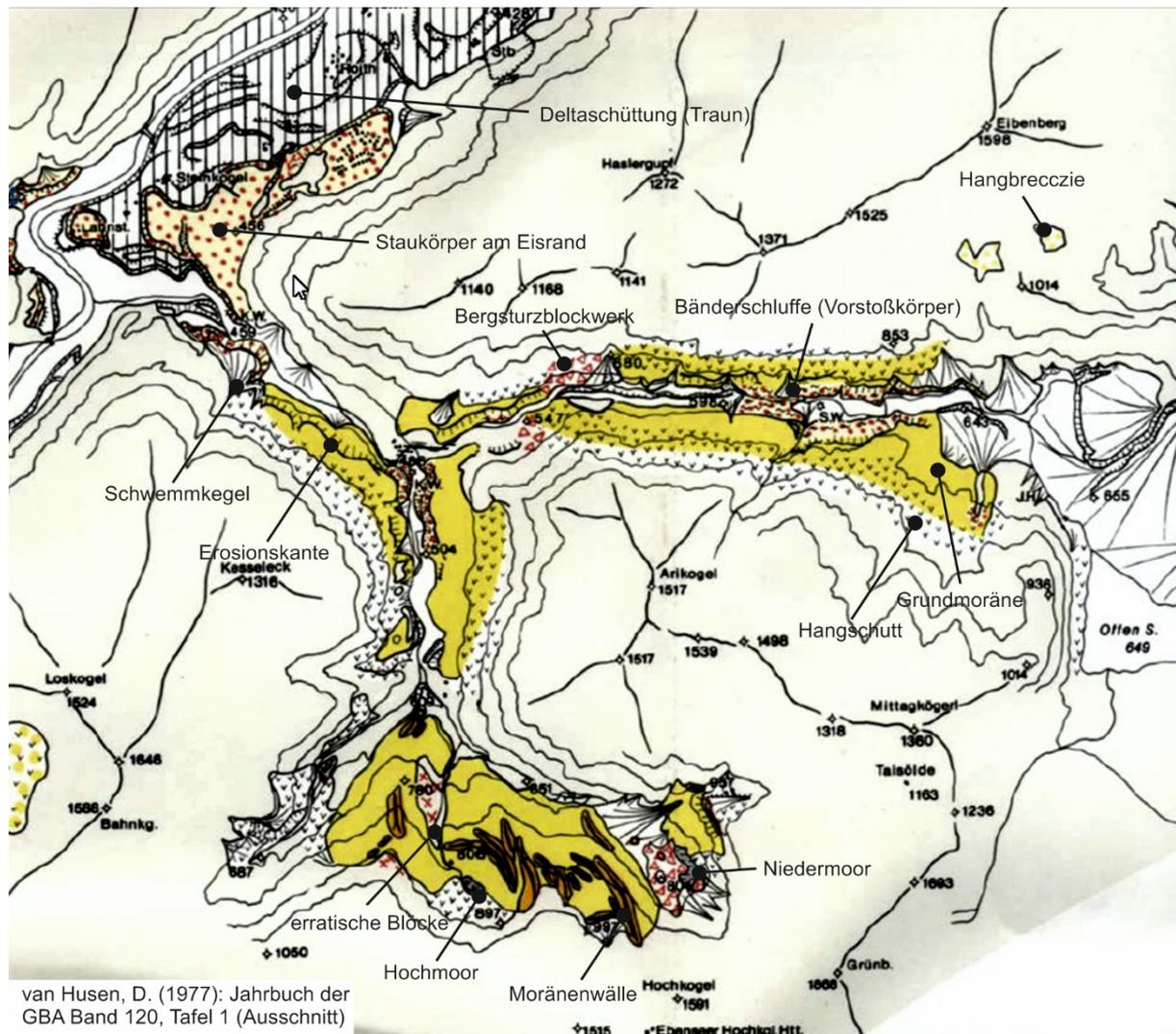


Abbildung 3: Quartärgeologische Karte des Frauenweißenbaches (Van Husen, 1977)

Der Offensee dürfte eine späteiszeitliche Bildung sein, dessen früheres Ausmaß an den Felsumrandungen bzw. den Randmoränenresten oberhalb der Offenseesäge erkennbar ist und welcher vornehmlich von den Ablagerungen des Grieseneckbaches verfüllt wurde. Als markante Geländeform ist noch der Schwemmkegel des Frauenweißenbaches (Abbildung 4) hervorzuheben, dessen mächtige Ausmaße (Peripherie ca. 2 km) auf einen überdurchschnittlichen Geschiebetrieb hinweisen.

Die überaus flache Ausbildung des Kegels dürfte darauf zurückzuführen sein, dass nacheiszeitlich oberhalb von Ebensee die Traun zu einem See aufgestaut war und somit im gegenständlichen Schwemmkegel eine limnische Ausbildungsform vorliegt. Eine für die Deltaschichtung typische Ausbildung ist am Kegel der Schottergruben mehrfach aufgeschlossen.



Abbildung 4: Deltaschichtung am Schwemmkegel des Frauenweißenbaches, überlagert mit fluviatilen Ablagerungen

## **2.4 Forstwirtschaft**

Das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches ist bis zu drei Viertel vollständig bewaldet. Die Wälder stehen im Besitz der Bundesforste AG und befinden sich in einem guten Zustand. Mittels Forststraßen sind die meisten Wälder gut erschlossen und können das ganze Jahr über intensiv bewirtschaftet werden. Im gesamten Gebiet überwiegen Fichten-Tannen-Buchen Waldgesellschaften, vereinzelt finden sich Lärchen -Tannen Gesellschaften.

## **2.5 Industrie und Verkehr**

Am Schwemmkegel befindet sich eine Vielzahl von kleinen bis mittelgroßen Unternehmen. Der bekannteste Vertreter ist der Betrieb der Salinen Austria AG. Im Gebiet des Frauenweißenbaches befinden sich zwei Wasserkraftwerke (Offensee 1 und Offensee 2), welche sich im Besitz der Energie AG befinden. Im Bereich der Mündung des Frauenweißenbaches in die Traun befindet sich eine Strecke der ÖBB mit der Verbindung von Steinach/Irdning nach Attnang Puchheim. Als ein zusätzlicher wirtschaftlicher Aspekt ist die im vorigen Unterkapitel erläuterte Forstwirtschaft zu nennen.



## 2.6 Meteorologie

Das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches ist hinsichtlich der Niederschlagsverhältnisse durch den Nordstau der Alpen beeinflusst. Großklimatisch dominiert der ozeanische Einfluss. Die Beckenlagen weisen winterliche Temperaturinversionen auf. Der 1899 in Bad Ischl aufgezeichnete Extremniederschlag von 217 mm fällt in die Zeit der größten Hochwässer am gegenständlichen Wildbach. Die Niederschlagsverhältnisse können durch die folgenden Kennzahlen benachbarter meteorologischer Stationen charakterisiert werden:

Tabelle 1: Kennzahlen benachbarter meteorologischer Stationen

Station	Höhe [m.ü.A.]	Normalzahl [mm]	Maximaler Tagesniederschlag [mm]	Maximaler Tagesniederschlag am:
Almsee (Grünau)	600	1314	138,0	16.05.1928
Bad Ischl	512	1719	217,0	12.09.1899
Ebensee	425	1739	196,3	04.09.1922
Feuerkogel	1598	2391	190,2	03.01.1932
Offensee	660	1761	152,6	26.05.1928



### **3 Kriterien für die Modellwahl**

Um den Bemessungsabfluss zu berechnen wird ein Ereignismodell verwendet. Aufgrund der Datenlage (Gebietskenndaten vorhanden, keine Abflussdaten) werden Modelle verwendet, welche als Eingangswerte Niederschlag und Gebietsdaten benötigen. Als ereignisbezogenes Modell dient das Programm HEC-HMS. Parameter zur Abflussbestimmung werden aus Boden- und Vegetationsdaten ermittelt, Parameter zur Abflusskonzentration aus topographischen Daten (Oberflächen- und Gerinneneigung).

#### **3.1 Kausalität und Modellkomplexität**

Das gewählte Modell ist den konzeptionellen bzw. *Grey Box* Modellen zuzurechnen. Sie können die im Einzugsgebiet auftretenden Abflussprozesse vereinfacht auf Teileinzugsgebietsbasis abbilden.

#### **3.2 Räumliche Gliederung**

Die räumliche Unterteilung des Einzugsgebietes erfolgt anhand der topographischen Gegebenheiten auf Basis eines Geländemodelles und Feldbegehungen unter Berücksichtigung der Bodenarten sowie der Landnutzung. Die Fließlängen, Flächenanteile und Gefälleverhältnisse werden mit Hilfe des Geoinformationsprogrammes QuantumGIS (QGIS) bestimmt.

#### **3.3 Zeitliche Gliederung**

Für die Fragestellung wird ein Ereignismodell gewählt. In jedem Zeitschritt wird der Niederschlag für alle Teileinzugsgebiete gleich groß angenommen. Die gewählten Dauerstufen des Niederschlages entsprechen mindestens der angenommenen Anstiegszeit, die zeitliche Auflösung im Modell wird mit 15 Minuten angesetzt.

#### **3.4 Interzeption, Verdunstung und Schnee**

Die Verdunstung wird nicht in das Modell miteinbezogen, da sie auf den Abfluss resultierend aus Starkregen keinen Einfluss hat. Die Werte für Strahlung, Temperatur und Luftfeuchte werden im Ereignismodell ebenfalls nicht berücksichtigt.



### 3.5 Abflussbildung nach SCS

Das Verfahren des Soil Conservation Service (SCS) ermittelt unter Berücksichtigung der Anfangsverluste den abflusswirksamen Niederschlag für jedes Teileinzugsgebiet mit Hilfe der gewählten Kurvennummer (*Curve Number*). Die in den Teileinzugsgebieten auftretenden Bodenarten wurden entsprechend der SCS-Klassifikation (Tabelle 2) zugeordnet.

Tabelle 2: Bodenarten der SCS-Klassifikation (Hydrologische Bodengruppe) (NRCS, 2010) NEH Part 630 Hydrology, Chapter 7, Table 7-1

Bodenart	Versickerungsvermögen der Böden
A	Hohes Versickerungsvermögen auch bei starker Vorbefeuchtung, z.B. tiefe Sand- und Kiesböden (> 0.76 cm/h)
B	Böden mit mittlerem Versickerungsvermögen, tiefe bis mäßig tiefe Böden mit mäßig feiner bis mäßig grober Textur, z.B. mitteltiefe Sandböden, Löß, (schwach) lehmiger Sand (> 0.38 cm/h und < 0.76 cm/h)
C	Böden mit geringem Versickerungsvermögen, Böden mit feiner bis mäßig feiner Textur oder mit wasserstauender Schicht, z.B. flache Sandböden, sandiger Lehm (> 0.13 cm/h und < 0.38 cm/h)
D	Böden mit sehr geringem Versickerungsvermögen, Tonböden, sehr flache Böden über nahezu undurchlässigem Material, Böden mit dauernd sehr hohem Grundwasserspiegel (< 0.13 cm/h)

Die CN-Methode ist ein empirischer Ansatz, um den Anteil des direkten Abflusses aus der Beziehung Regenereignis, Landnutzung sowie Bodentyp zu bestimmen (Chow et al., 1988; DVWK, 1991). Die CN-Werte reichen ausgehend vom hydrologischen Bodentyp, Vorfeuchte sowie Landnutzung von 25 bis 98 (USDA-SCS, 1986).

Viele hydrologische Modelle verwenden die CN-Methode für die Ermittlung des Abflusses aus den einzelnen Teileinzugsgebieten des Modelles. Das CN-Verfahren wurde ursprünglich für experimentelle Wassereinzugsgebiete entwickelt. Dabei wurde eine empirische Beziehung zwischen den Anfangsverlusten und dem Speichervermögen entwickelt. Basierend auf der Anleitung des National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology (USDA-SCS, 1985) betragen die Anfangsverluste 20 %.



Somit kann für jeden Niederschlag, der die Anfangsverluste ( $h_{N,Av}$ ) *überschreitet*, der Abfluss bestimmt werden. Umgekehrt ist es auch möglich, mit gemessener Niederschlagshöhe und Abflusshöhe eines Ereignisses den CN-Wert für das ausgewählte Ereignis und somit das potenzielle Speichervermögen ( $S$ ) zu bestimmen. Der Abfluss beginnt, wenn die Niederschlagshöhe die Höhe der Anfangsverluste überschreitet. Mit einer abstraction ratio ( $\lambda$ ) von 0,2 kann der CN-Wert bestimmt werden, ab dem der Abfluss auftritt.

Es gilt:

$$h_{N,Av;0,2} = \lambda \cdot S_{0,2}$$

$h_{N,Av;0,2}$       *Anfangsverluste für eine initial abstraction ratio von 0,2*

$\lambda$               *initial abstraction ratio*

$S_{0,2}$             *Potenzielles Speichervermögen bei einer initial abstraction ratio von 0,2*



Entsprechend der Bodennutzung (Tabelle 3) ändern sich die Anfangsverluste und die Versickerungsrate.

Tabelle 3: Bodennutzung (DVWK, 1984)

Bodennutzung	CN für Bodentyp			
	A	B	C	D
Ödland (ohne nennenswerten Bewuchs)	77	86	91	94
Hackfurchte, Wein	70	80	87	90
Wein (Terrassen)	64	73	79	82
Getreide, Futterpflanzen	64	76	84	88
Weide (normal)	49	69	79	84
Weide (karg)	68	79	86	89
Dauerwiese	30	58	71	78
Wald (stark aufgelockert)	45	66	77	83
Wald (mittel)	36	60	73	79
Wald (dicht)	25	55	70	77
Undurchlässige Flächen (versiegelter Anteil von Ortschaften, Straßen)	100	100	100	100

Besteht ein Einzugsgebiet aus unterschiedlichen Bodentypen und Nutzungsarten, sind die CN-Werte für Teilflächen mit gleicher Bodengruppe und gleicher Bodennutzung zu ermitteln. Im Anschluss kann daraus ein flächengewichteter CN-Wert für das Gebiet bestimmt werden (DVWK, 1984).

Die Auswirkung von Jahreszeit und Vorregen wird mit Hilfe der vom DVWK erarbeitenden Bodenfeuchteklassen ausgedrückt (Tabelle 4). Unter Vorregen versteht man die ungewichtete Summe an Niederschlag der 5 dem Ereignis vorangehenden Tagen (MANIAK, 1998). Ursprünglich war dieser Faktor aber eingeführt worden, um die Variabilität der standörtlichen Faktoren zu berücksichtigen. Er beinhaltet prinzipiell



die Streubreite der Infiltration, der Evapotranspiration, der Bodenfeuchte, der Verzögerungszeit, der Niederschlagsintensität und der Temperatur (Rallison & Miller, 1981).

Tabelle 4: Bodenfeuchtekategorie (DVWK, 1984)

Bodenfeuchtekategorie	Niederschlagshöhe in den vorangegangenen 5 Tagen [mm]	
	Vegetationsperiode	übrige Zeit
I	< 30	< 15
II	30 – 50	15 – 30
III	> 50	> 30

Die publizierten Kurvennummern gelten für normale Bodenfeuchteverhältnisse ARC II (antecedent runoff conditions). Für trockene (ARC I) bzw. feuchte Verhältnisse (ARC III) müssen die Kurvennummern angepasst werden. Grundsätzlich ist bei der Synthese von Hochwasserganglinien von der Bodenfeuchtekategorie II als Standardfall auszugehen (DVWK, 1984).

### 3.6 Modifikation der Curve Number

Da die ursprünglichen SCS-Tabellen, welche die Kurvennummern aus Landnutzung und Bodenart ableiten, für einen Anfangsverlust von 20 % des potentiellen Speichervermögens gelten, jedoch das SCS Verfahren nach DVWK (1991) und Merz et al. (2006) mit einem Anfangsverlust von 5 % des Speichervermögens dem neuesten Stand der Forschung entsprechen, sind die CN-Werte dementsprechend zu korrigieren.

$$h_{N,Av;0,05} = \lambda \cdot S_{0,05}$$

$h_{N,Av;0,05}$  Anfangsverluste für eine initial abstraction ratio von 0,05

$\lambda$  initial abstraction ratio

$S_{0,05}$  Potentielles Speichervermögen bei einer initial abstraction ratio von 0,05

Eine offizielle Anpassung der Kurvennummern durch das EWRI Curve Number Hydrology Task Committee ist noch nicht erfolgt. Es wird daher das Verfahren nach ASCE (NEH, Part 630 Hydrology, Chapter 10, proposed CN update vom 30. September 2017) angewendet (Tabelle 5).



$$S_{0,2} = \frac{1000}{CN_{0,2}} - 10$$

$$S_{0,05} = 1,42 \cdot S_{0,2}$$

$$CN_{0,05} = \frac{1000}{(10 + S_{0,05})}$$

$$S_{0,05} = \frac{1000}{CN_{0,05}} - 10 = 1,42 \cdot S_{0,2} = 1,42 \cdot \left( \frac{1000}{CN_{0,2}} - 10 \right)$$

$$CN_{0,05} = \frac{CN_{0,2}}{(1,42 - 0,0042 \cdot CN_{0,2})}$$

$h_{N,Av}$  Anfangsverluste [in, mm]

$\lambda$  initial abstraction ratio [-]

$CN_{0,2}$  Kurvennummer für eine initial abstraction ratio von 0,2

$CN_{0,05}$  Kurvennummer für eine initial abstraction ratio von 0,05

$S_{0,2}$  Potenzielles Speichervolumen für eine initial abstraction ratio von 0,2 [-]

$S_{0,05}$  Potenzielles Speichervolumen für eine initial abstraction ratio von 0,05 [-]

Tabelle 5: Umrechnungstabelle für die Kurvennummern bei unterschiedlichen initial abstraction ratios (NEH, 2017)

$CN_{0,20}$	$CN_{0,05}$	$CN_{0,20}$	$CN_{0,05}$	$CN_{0,20}$	$CN_{0,05}$	$CN_{0,20}$	$CN_{0,05}$
100	100	75	67	50	41	25	19
95	93	70	62	45	36	20	14
90	86	65	56	40	31	15	11
85	79	60	51	35	27	10	7
80	73	55	46	30	23	5	3

Somit ergibt sich für die Abflusshöhe folgender Ansatz:

$$S_{0,05} = \frac{25400}{CN_{0,05}} - 254$$

$$h_{A;0,05} = \frac{\left( h_N - 0,05 \cdot 25,4 \cdot \left( \frac{1000}{CN_{0,05}} - 10 \right) \right)^2}{h_N + 0,95 \cdot 25,4 \cdot \left( \frac{1000}{CN_{0,05}} - 10 \right)}$$

$h_N$  Gebietsniederschlag [mm]

$h_A$  Abflusshöhe [mm]

$S$  Potenzielles Speichervolumen [mm]

$CN$  Kurvennummer [-]



### **3.7 Basisabfluss**

Bedingt durch das Fehlen von Abfluss-Messstellen im Einzugsgebiet wird auf die Angabe eines Basisabflusses im Modell verzichtet.

### **3.8 Abflusstransformation**

Für die Abflusstransformation wurde die *velocity (upland)* Methode angewendet. Die *hydraulic length* wurde in Oberflächenabfluss und Gerinneabfluss unterteilt, wobei der Grenzwert bei 750 Meter angesetzt wurde. Die Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses wurde mit 0,1 m/s, die des mittleren Gerinneabflusses mit 2 m/s festgelegt. Die so ermittelte Anstiegszeit der Hochwasserwelle wurde anschließend in die *lag-time* umgerechnet.

### **3.9 Gerinnerouting**

Für das Routing wird im Programm HEC-HMS die *kinematic wave* Methode gewählt. In Abhängigkeit der Gerinne-Geometrie (Form, Länge und Breite) und Topographie (Längs-, und Querneigung) werden für die größten Gerinnestrecken im Einzugsgebiet Fließgeschwindigkeiten simuliert. Die Methode basiert auf der Fließformel für ungleichförmiges Abflussverhalten und wird vermehrt für Flüsse mit hohen Längsneigungen verwendet. Für das Modell wird angenommen, dass sämtliche Gerinne ein trapezförmiges Querprofil aufweisen. Die Rauigkeit wurde mit dem Manning-Beiwert definiert.

### **3.10 Typische Berechnungsansätze nach Aufgabenstellung**

Typische, einfache Berechnungsansätze zur Ermittlung eines Bemessungsabflusses für kleine Wildbacheinzugsgebiete sind der Hüllkurvenansatz nach Wundt (1953) bzw. die Anwendung von Regelganglinien (dimensionsloser unit hydrograph).

#### **3.10.1 Abflussformel nach Wundt (1953)**

Das von Wundt erarbeitete Hüllkurvenverfahren ist ein empirischer Ansatz, mit dem sich der Hochwasserabfluss für ein unbeobachtetes Gebiet abschätzen lässt. Basierend auf einer umfangreichen Datensatz von weltweit ermittelten Höchstabflussspenden, welche Wundt in doppellogarithmischem Maßstab gegen die Einzugsgebietsfläche auftrug und dabei in folgende Gruppen unterteilte: „Ebene in ozeanischer Lage“ und



„Bergland in kontinentaler Lage“ (Wundt, 1953). Da die Höchstwerte für Bemessungsaufgaben nicht verwendet werden, hat Wundt Hüllkurven anhand der 90 bis 50 % Unterschreitungswahrscheinlichkeiten der Messwerte gebildet (Tabelle 6). Das Verfahren wird insbesondere zur überschlägigen Abschätzung des Hochwasserabflusses anhand der 90%-Bergland-Hüllkurve eingesetzt.

Die Unterschreitungswahrscheinlichkeiten der Hüllkurven stehen zwar nicht in einem direkten Zusammenhang mit den Hochwasserjährlichkeiten, dennoch werden die 90%-Werte oft dem HQ<sub>100</sub> gleichgesetzt. Im Vergleich zu statistisch gesicherten HQ<sub>100</sub>-Werten liefert die 90%-Linie nach Wundt jedoch häufig zu große Werte. Für kleine Einzugsgebiete (< 10 km<sup>2</sup>) wird nahegelegt, den ermittelten Hochwasserabfluss zusätzlich abzumindern (Wundt, 1965).

Tabelle 6: Koeffizienten der 50-, 90- und 100%-Richtkurven (Wundt, 1953)

	<b>Hüllkurven für Bergland und kontinentale Lage</b>		
$Q = \alpha \cdot A_E^\beta$	50%	90%	100% (Spitzenwerte)
GF bzw. $\alpha$	2,050	13,8	500
$\beta$	0,714	0,594 (~ 0,6)	0,368

Nach Kreps (1957) gilt die 90%-Richtkurve der Höchstabflussspenden als obere, technisch noch tragbare Grenze, die vielleicht dem 100-jährlichen Hochwasser entsprechen dürfte. Der Gebietsfaktor kann aus der lokalen bzw. regionalen Abflussstatistik abgeschätzt werden.

### 3.10.2 Dimensionslose Einheitganglinie (DUH) nach Fang et al. (2005)

In Anlehnung an den SCS dimensionslosen Unit Hydrograph (SCS-DUH) kann nach Fang et al. (2005) die Form einer Ganglinie mit Hilfe einer 2-parametrischen Gamma Dichtefunktion sehr gut nachgebildet werden. Dafür ist der im Programm HEC-HMS implementierte Peak Rate Faktor (PRF) zu bestimmen. Der PRF wurde vom Soil Conservation Service erstellt und ist basierend auf einer vielfältigen Analyse von Einzugsgebieten eine dimensionslose Einheitganglinie.

Die x-Achse besteht aus dimensionslosen Zeitwerten und die y-Achse aus dimensionslosen Durchflusswerten. Für die Form der Ganglinie kann zwischen gekrümmt und eckig gewählt werden und ist als Element eines Hydrographen zu betrachten. Er wird verwendet um hydrologische Effekte von bestehenden oder



angenommenen Einzugsgebieten infolge von Anpassungen wichtiger Eingangparameter wie Niederschlag und Landnutzung grafisch darzustellen.

$$PRF = \frac{C_v}{SF}$$

$C_v$  Umrechnungsfaktor für Einheiten

$PRF$  Peak rate factor [-]

$SF$  Shape factor [-]

Mit bekannter Abflussspitze, Anstiegszeit und Direktabflussfracht, lässt sich der Formfaktor (SF) und somit der PRF bestimmen.

$$SF = \frac{C_v \cdot h_{N,eff} \cdot A_E}{Q_p \cdot t_p}$$

$C_v$  Umrechnungsfaktor für SI-System (16,667)

$h_{N,eff}$  Effektivniederschlag [mm], entspricht der Abflusshöhe [mm]

$A_E$  Fläche Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]

$Q_p$  Spitzenabfluss [m<sup>3</sup>/s]

$t_p$  Anstiegszeit [min]

Die Umrechnung des PRF des SI-Systems in den des Imperialen Systems erfolgt mit:

$$PRF_{Imp} = PRF_{SI} \cdot 38,721$$

Für die Gammafunktion gilt:

$$f(t) = \frac{t^\alpha \cdot e^{-\frac{t}{\beta}}}{\beta^{\alpha+1} \Gamma(\alpha+1)} = \frac{\alpha^{\alpha+1}}{(\alpha \cdot \beta) \cdot e^\alpha \cdot \Gamma(\alpha+1)}$$

$$t_p = \alpha \cdot \beta$$

$t$  Zeit mit  $0 < t < \infty$

$\alpha$  Gamma Parameter ( $\alpha > -1$ ), dimensionsloser Formparameter (shape factor),  $\Gamma(\alpha+1) = \alpha!$  für  $[0, \infty)$

$\beta$  Positiver Skalenparameter ( $\beta > 0$ ), Scale factor in der gleichen Einheit wie  $t$ , bestimmt  $t_b$

$$\frac{Q_p \cdot t_p}{C_v \cdot A_E} = \phi(\alpha)$$

$$\phi(\alpha) = \frac{1}{SF} = \frac{PRF}{C_v}$$

Eingesetzt in die Formel von Aron & White (1982) lässt sich der Parameter ( $\alpha$ ) der Gamma Funktion bestimmen.

$$\alpha = 0,045 + 0,5\phi(\alpha) + 5,6\phi(\alpha)^2 + 0,3\phi(\alpha)^3$$

Somit können die Stützstellen des dimensionslosen Unit Hydrograph berechnet werden.



$$\frac{Q(t)}{Q_p} = \left(\frac{t}{t_p}\right)^\alpha \cdot e^{\left(1-\frac{t}{t_p}\right) \cdot \alpha}$$

Werden die Stützstellen des DUH mit dem bekannten Spitzenabfluss multipliziert, ergibt sich die entsprechende Ganglinie.

$$Q(t) = Q_p \cdot \left(\left(\frac{t}{t_p}\right) \cdot e^{\left(1-\frac{t}{t_p}\right)}\right)^\alpha$$

Dieses Verfahren kann zur Ermittlung einer Ganglinie eingesetzt werden, wenn aus den Berechnungen der verschiedenen Modelle unterschiedliche Hydrographen resultieren, die schlussendlich in eine Bemessungsganglinie überführt werden müssen.



## 4 Wahl der Modellparameter

### 4.1 Belastungsmodell (Niederschlag)

#### 4.1.1 Gitterpunktkarte (eHyd)

Der Bemessungsniederschlag wird auf Basis des eHyd Datensatzes (*ehyd.gv.at*) für den Fall der „Bemessung“ ermittelt. Hierfür werden die im Einzugsgebiet gelegenen Gitterpunkte herangezogen (Abbildung 5).

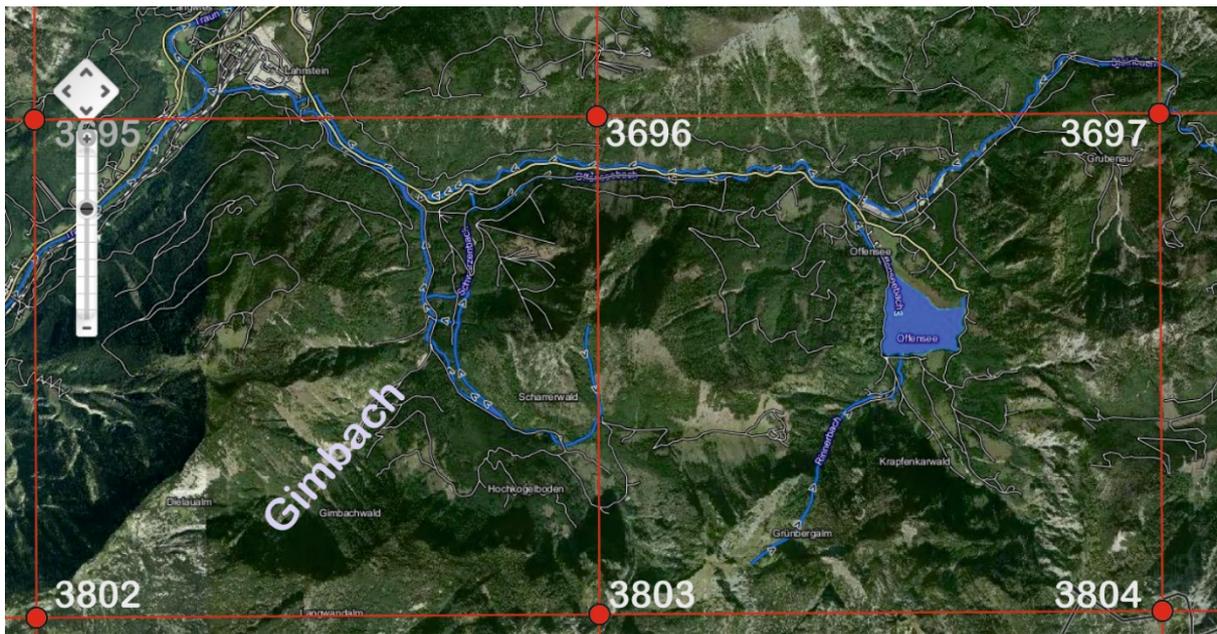


Abbildung 5: Gitterpunkte für Bemessungsniederschläge (eHyd)

Für jeden Gitterpunkt sind Niederschlagswerte für die Dauerstufen von 5 Minuten bis hin zu 6 Tagen für Jährlichkeiten von 1 bis zu 150 verfügbar. Dabei kann aus drei verschiedenen Typen von Niederschlagsdatensätzen gewählt werden (BMLFUW, 2006):

- Maximierte Modellniederschläge (MaxModN)
- Interpolierte ÖKOSTRA- Messstellenauswertungen (Österreichweit koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und – Auswertung)
- Kombination dieser beiden Auswertungen

Als Eingangswerte für das Modell wird eine Kombination aus den maximierten Modellniederschlägen (MaxModN) und den Interpolierten ÖKOSTRA-Messstellenauswertungen verwendet. Der Bemessungsniederschlag für das N-A Modell entspricht dem Mittelwert aus 6 über das Einzugsgebiet des



Frauenweißenbaches verteilten Gitterpunkten. Insgesamt werden 8 verschiedene Dauerstufen von 60 Minuten bis 24 Stunden in das Modell implementiert. Als Jährlichkeit wird  $T=100$  verwendet.

#### 4.1.2 Sanfte Abminderung nach Lorenz & Skoda (2001)

Zur Bildung des Gebietsniederschlages ist es üblich, eine räumliche Abminderung der Extremwerte durchzuführen. Lorenz & Skoda (2001) haben einen Ansatz für eine „sanfte Abminderung“ vorgeschlagen. Beobachtungswerte liefern Hinweise, dass insbesondere bei sehr hohen Regenintensitäten und/oder für kleine Dauerstufen innerhalb kleiner Einzugsgebiete (unter 200 km<sup>2</sup>) die Berücksichtigung einer „stärkeren Abminderung“ für konvektive Niederschlagsereignisse erforderlich sein kann.

$$N_{\text{Gebiet}} = N_{\text{Punkt}} e^{-kA_e^n}$$

$N$  Niederschlagshöhe in mm

$A_E$  Einzugsgebietsgröße in km<sup>2</sup>

$D$  Dauerstufe in min

$k, n$  empirische Faktoren

Eine sanfte Reduktion (dauerstufenabhängig) wird mit den aus der Literatur empfohlenen Werten wie folgt durchgeführt:

$$k = 0,19 \cdot D^{-0,56} \quad n = 0,5$$

Tabelle 7: Abgeminderter Bemessungsniederschlag für das N-A Modell des Frauenweißenbaches

Dauerstufe		Bemessungsniederschlag für $T=100$ [mm]
60	min	66,3
90	min	76,4
120	min	83,8
4	h	105,2
6	h	126,8
9	h	156,3
12	h	177,3
24	h	209,7



## 4.2 Hydrologische Gebietsparameter

Für die Simulation mit dem gewählten N-A Programm HEC-HMS werden auf Basis von Literaturangaben und Erhebungen vor Ort die Eingangsparameter den Flächen mit gleichen hydrologischen Eigenschaften zugewiesen. Ausgehend von einem digitalen Geländemodell des Einzugsgebietes mit einer räumlichen Auflösung von 1 m werden mit QGIS für jedes Teileinzugsgebiet die Parameter Fläche, hydraulische Länge, Curve Number (CN), mittleres Gefälle, Peak Rate Faktor (PRF) sowie lag-time erhoben.

### 4.2.1 Fläche

Zusätzlich zur Landbedeckung hat die Fläche einen großen Einfluss auf den Bemessungsabfluss. Die Ermittlung der Fläche erfolgt mit Hilfe des *Geometry Tool*, welches es ermöglicht, für jedes TEZG verschiedene geometrische Analysen durchzuführen. Die Gesamtfläche für das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches beträgt 86 km<sup>2</sup>. Der über die TEZG gemittelte Wert liegt bei 1,91 km<sup>2</sup>. Das TEZG 6 (Schwarzenbach) hat mit ~6 km<sup>2</sup> die größte Fläche.

### 4.2.2 Hydraulische Länge

Mit dem *Distance Tool* werden die horizontalen Längen abgemessen. Die schräge Fließlänge ergibt sich über die Winkelfunktion für das mittlere Gefälle im TEZG.

Es gilt:

$$L = L_h / \cos(J)$$

$L$       Schräge Fließlänge [m]

$L_h$      Horizontale Fließlänge [m]

$J$         Mittleres Gefälle [%]

Die Fließlängen orientieren sich an der Fläche sowie dem Gefälle des jeweiligen TEZG und weisen eine dementsprechend große Schwankungsbreite auf. Der über alle TEZG gemittelte Wert ergibt 1925 m.

### 4.2.3 Curve Number

Das Rückhaltevermögen des Bodens wird nach dem SCS-CN Verfahren anhand von Bodenklasse und Bodentyp im TEZG bestimmt. Die CN-Werte werden mittels Orthofotos mit Erfahrungswerten aus der Literatur gewählt. Für das Einzugsgebiet des



Frauenweißenbaches werden 8 Klassenbereiche definiert (Abbildung 6). Das TEZG 2 (Rinnerbach) hat mit 75 den höchsten CN-Wert.

Allgemein weisen die TEZG im Bereich von hm 0,0 bis hm 50,0 die geringsten Werte auf. Der über alle TEZG gemittelte Wert beträgt 52.

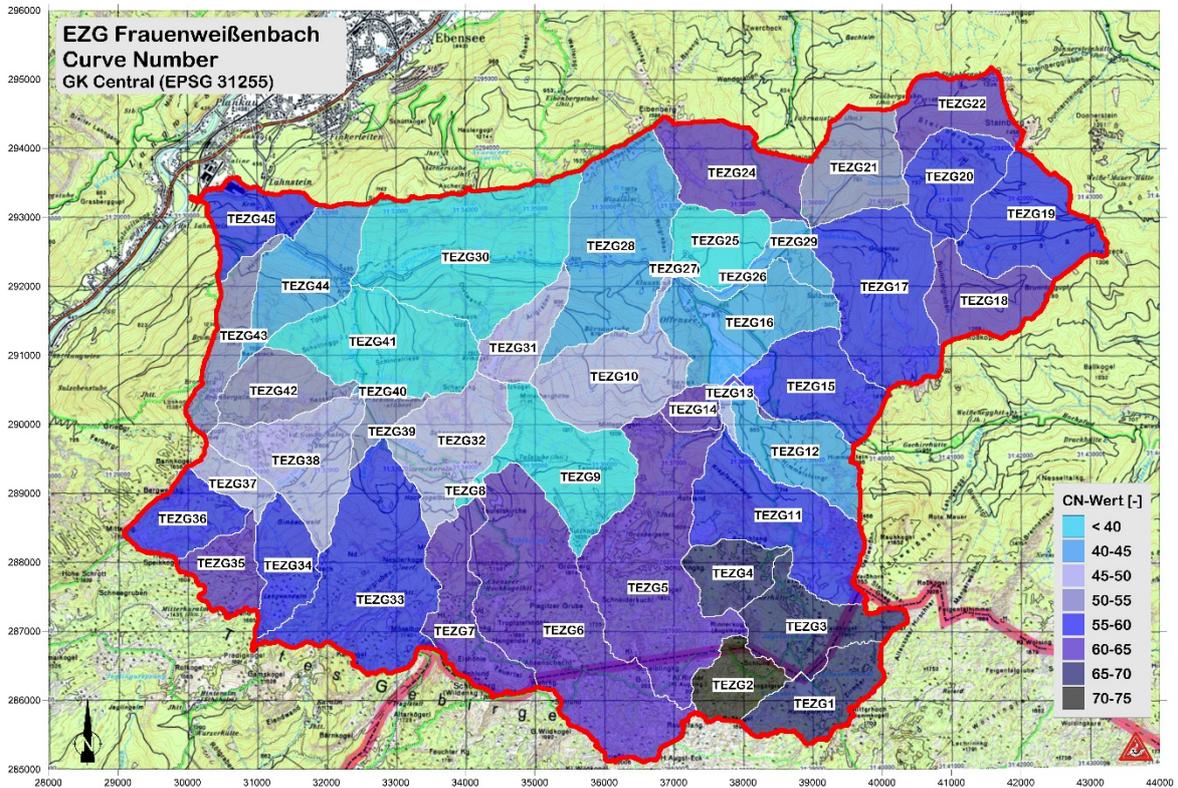


Abbildung 6: CN-Klassen für das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches



#### 4.2.4 Mittleres Gefälle

Die Gefälleanalyse wird mit dem *Terrain Analysis Tool* durchgeführt. Für jedes TEZG wird das minimale, mittlere und maximale Gefälle bestimmt.

Das über alle TEZG des Frauenweißenbaches gemittelte Gefälle beträgt 29 %. Das TEZG 42 (Gimbach) hat mit 40 % das größte mittlere Gefälle. Insgesamt befinden sich 5 TEZG im höchsten Klassenbereich von 35 bis 40 % (Abbildung 7). Davon sind vor allem die TEZG des Gimbaches betroffen. Zusätzlich liegt das TEZG 11 (Rinnerbach) mit 37 % im obersten Klassenbereich.

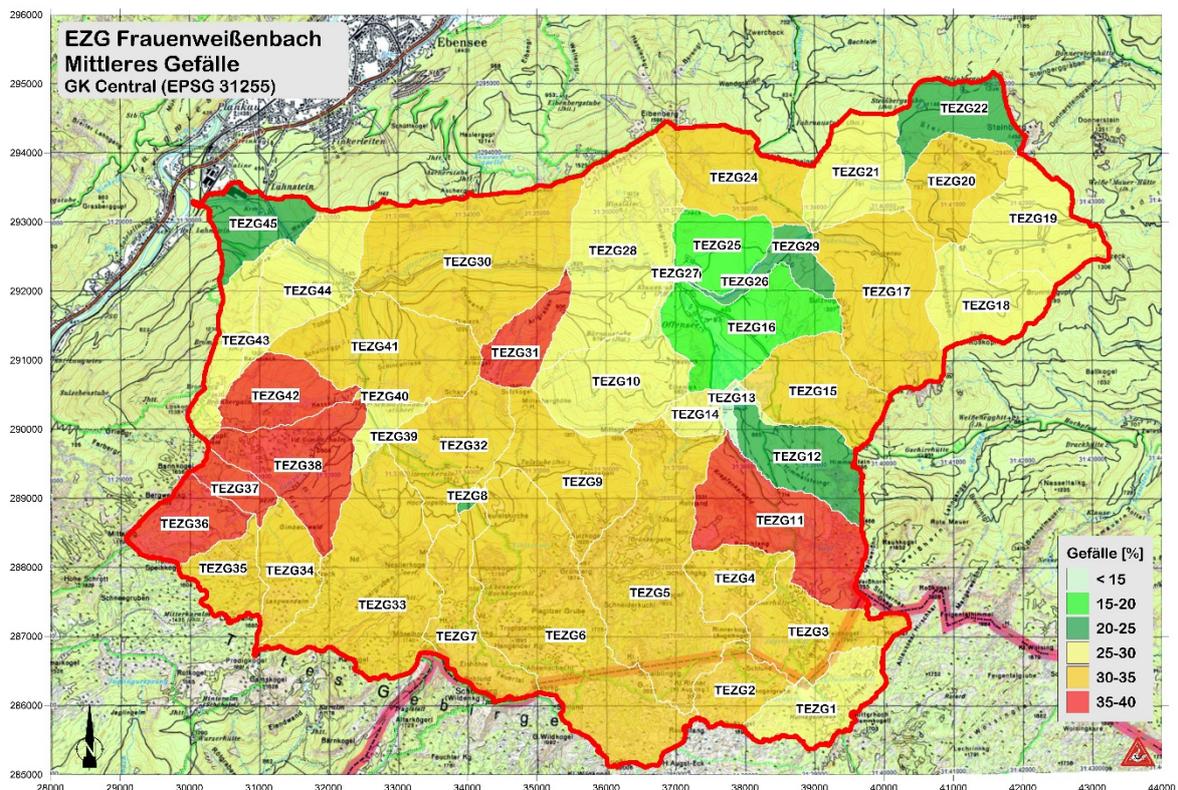


Abbildung 7: Mittlere Gefälleklassen für das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches

#### 4.2.5 Peak Rate Faktor (PRF)

Im Programm HEC-HMS ist der Peak Rate Faktor als einheitenloser Wert im Bereich von 0 bis 600 zu wählen. Im National Engineering Handbook wird darauf hingewiesen, dass für Gebiete mit großen Gefälle der PRF dementsprechend hoch anzusetzen ist. Ausgehend vom Standardwert von 484 erfolgt eine Abänderung anhand der Werte für das mittlere Gefälle in den TEZG.



#### 4.2.6 Lag-Time

Die Bestimmung der *lag-time* erfolgte mit der *velocity (upland)* Methode. Die *hydraulic length* wurde in Oberflächenabfluss und Gerinneabfluss unterteilt, wobei der Grenzwert bei 750 Meter angesetzt wurde. Die Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses wurde mit 0,1 m/s, die des mittleren Gerinneabflusses mit 2 m/s festgelegt. Die so ermittelte Anstiegszeit der Hochwasserwelle wurde anschließend in die *lag-time* umgerechnet. Der über alle TEZG gemittelte Wert ergibt 113 Minuten.

Tabelle 8: Eingangsparameter für HEC-HMS

TEZG #	Mittleres Gefälle [%]	Hydraulische Länge [m]	Fläche [km <sup>2</sup> ]	PRF [-]	tp [s]	tc [s]	t <sub>lag</sub> [min]
1	27,0	995	1,93	450	7623	11377	114
2	31,0	1530	1,07	500	7890	11776	118
3	30,5	1884	1,96	500	8067	12040	120
4	33,3	1491	1,10	500	7871	11747	118
5	34,3	4140	5,13	500	9195	13724	137
6	34,1	4658	6,01	500	9454	14110	141
7	34,1	2949	1,92	500	8600	12835	128
8	23,1	354	0,06	400	3540	5284	53
9	30,3	2400	2,55	500	8325	12425	124
10	27,4	2528	2,49	450	8389	12521	125
11	37,1	3168	3,11	550	8709	12999	130
12	23,1	2450	1,78	400	8350	12463	125
13	3,8	788	0,11	250	7519	11222	112
14	27,1	1126	0,55	450	7688	11475	115
15	30,5	2026	2,09	500	8138	12146	122
16	19,0	2403	2,65	350	8327	12428	124
17	31,4	2616	3,52	500	8433	12587	126
18	29,5	1463	1,64	450	7857	11726	117
19	27,6	1641	2,48	450	7946	11859	119



20	33,4	1513	1,69	500	7882	11763	118
21	26,9	1797	1,91	450	8024	11975	120
22	20,1	1952	1,49	400	8101	12091	121
23	14,1	50	0,01	350	500	746	8
24	32,1	2558	3,18	500	8404	12543	125
25	17,1	1305	1,31	350	7778	11608	116
26	22,0	2180	0,77	400	8215	12261	123
27	8,7	70	0,01	250	700	1045	10
28	27,2	1839	3,94	450	8045	12007	120
29	28,5	1616	0,01	450	7933	11840	118
30	32,8	3470	5,05	500	8860	13224	132
31	37,1	1875	1,08	550	8063	12034	120
32	33,7	1570	2,30	500	7910	11806	118
33	31,0	3456	4,52	500	8853	13213	132
34	34,1	2068	1,31	500	8159	12178	122
35	33,2	1860	1,09	500	8055	12022	120
36	35,3	2189	1,30	550	8220	12268	123
37	37,9	1230	0,58	550	7740	11552	116
38	35,9	2302	2,39	550	8276	12352	124
39	28,7	635	0,50	450	6350	9478	95
40	31,5	545	0,01	500	5450	8134	81
41	32,2	1993	3,11	500	8122	12122	121
42	38,2	1996	1,41	550	8123	12124	121
43	28,2	2909	1,22	450	8580	12805	128
44	28,5	1616	2,11	450	7933	11840	118
45	20,2	1420	1,60	400	3085	4604	46



## 5 Abflussermittlung (HEC-HMS)

### 5.1 Allgemeine Information

Für die Simulationen wird das vom Hydrologic Engineering Center (HEC) konzipierte Programm HEC-HMS (Hydrologic Modelling System) benutzt. Die Software dient der Simulation von hydrologischen Prozessen in einem Einzugsgebiet und verfügt über viele traditionelle Methoden, um hydrologische Abläufe nachzubilden. Es wird von der U.S. Army Corps of Engineers verwaltet und steht unter <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/> zum öffentlichen Gebrauch zur Verfügung.

Das hydrologische Modell besteht aus 45 TEZG, welche sich auf eine Fläche von 86 km<sup>2</sup> verteilen (Abbildung 8). Mit dem Programm HEC-HMS werden für das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches Abflüsse und Abflussfrachten für 4 Jährlichkeiten (HQ<sub>1</sub>, HQ<sub>10</sub>, HQ<sub>30</sub>, HQ<sub>100</sub>) basierend auf jeweils 8 Dauerstufen (60 Minuten bis 24 Stunden) simuliert.

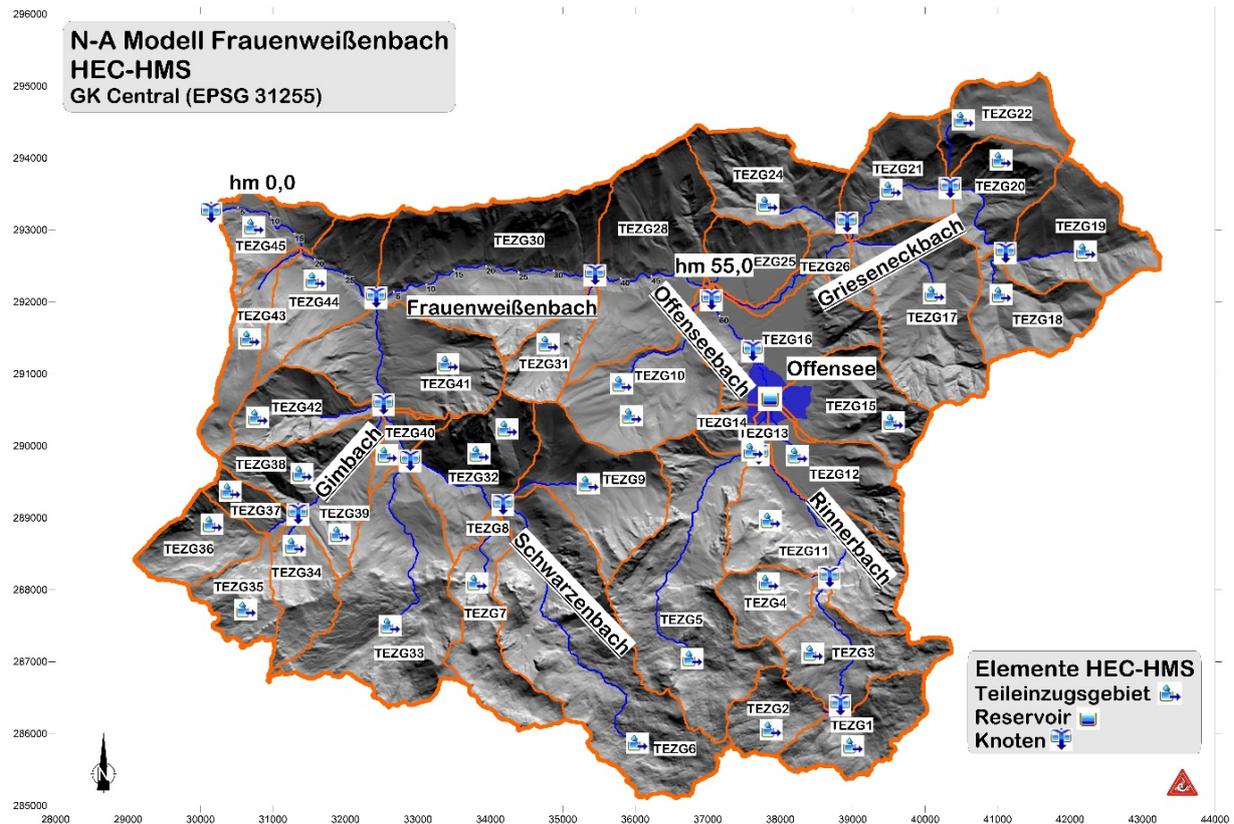


Abbildung 8: Unterteilung des Frauenweißenbaches in hydrologische Teileinzugsgebiete für die Simulation mit HEC-HMS



Als Leitprozess wird „Hochwasser“ mit einem Intensitätsfaktor von 1,0 angenommen (Tabelle 9). Somit sind die simulierten Abflusswerte direkt dem Bemessungswert zu setzen.

Tabelle 9: Prozessspezifische Zuschläge zum Reinwasserabfluss bei der Ermittlung des Bemessungsabflusses (ONR 24802, Tab. 3)

Prozess	Intensitätsfaktor
Hochwasser	1,00 bis 1,05
Fluviatiler Feststofftransport	1,05 bis 1,40
Murartiger Feststofftransport	1,40 bis 3,50
Murgang	3,50

## 5.2 Lage Bemessungspunkte

Für die künftige Bemessung von Schutzbauwerken sind die Kenntnis eines Bemessungsabflusses bei hm 0,0 und hm 55,0 notwendig. Am Auslass (hm 0,0) mündet der Frauenweißenbach in die Traun. Hier befindet sich ein Industriegebiet mit mehreren kleinen bis mittelgroßen Betrieben und gilt als Bereich mit erhöhtem Schadenspotenzial.

Bei hm 55,0 leiten der Offenseebach und der Grieseneckbach in den Frauenweißenbach ein. Für künftige Projekte am Grieseneckbach gilt es die maßgeblichen Bemessungswerte für Abfluss und Abflussfracht zu ermitteln.

## 5.3 Offensee

Der Offensee ist ein östlich im Einzugsgebiet gelegener Bergsee. Das Einzugsgebiet verteilt sich auf 9 TEZG mit einer Gesamtfläche von 21 km<sup>2</sup>. Die Implementierung in das N-A Modell liefert Auskunft über die Veränderung von Wasserstand und Speichermenge während einem Hochwasserereignis. Zusätzlich wird am Mündungspunkt (hm 0,0) geprüft, in welchem Ausmaß der Offensee die Abflussspitzen bei Hochwasser reduziert.

Im Programm HEC-HMS kann der Offensee als Reservoir-Element in das Modell des Frauenweißenbaches integriert werden. Als Speicherfunktion wird eine Wasserstand-Speicher-Abfluss Funktion gewählt. Während der Berechnung werden die Funktionen Abfluss-Speicher und Wasserstand-Speicher in eine Funktion (Wasserstand-Speicher-Abfluss) kombiniert, wobei als primäre Funktion Wasserstand-Speicher gilt.



Die Speicherfunktion basiert ausschließlich auf Interpolation. Es ist somit nicht zwingend notwendig, dass die Funktionen Wasserstand-Speicher und Abfluss-Speicher übereinstimmende Werte ergeben. Ebenfalls müssen beide Funktionen nicht in jedem Zeitschritt denselben Speicherwert oder sogar dieselbe Anzahl an Reihen besitzen. Zur Beschreibung des Abfluss- bzw. Entleerungsprozesses am Auslauf vom Offensee wird die *Outflow Curve* Methode verwendet.

Sie ermöglicht eine benutzereigene Funktion zwischen Abfluss und Speicher. Für das Modell wird als Anfangsbedingung der Wasserstand des Offensees im Normalzustand von 649,55 m.ü.A. definiert (Abbildung 9).

Basin Name: Frauenweißenbach	
Element Name: Offensee	
Description:	Offensee
Downstream:	Knoten_4
Method:	Outflow Curve
Storage Method:	Elevation-Storage-Discharge
*Stor-Dis Function:	Speicher-Abfluss
*Elev-Stor Function:	Wasserstand-Speicher
Primary:	Elevation-Storage
Initial Condition:	Elevation
*Initial Elevation (M)	649,55

Abbildung 9: Grundeinstellungen Offensee im Programm HEC-HMS



## 6 Ergebnisse

### 6.1 Hektometer 0,0

#### 6.1.1 Abfluss

Bei hm 0,0 stellen sich die größten Abflüsse für die Niederschlagsdauerstufen von 4 bis 12 Stunden ein (Abbildung 10).

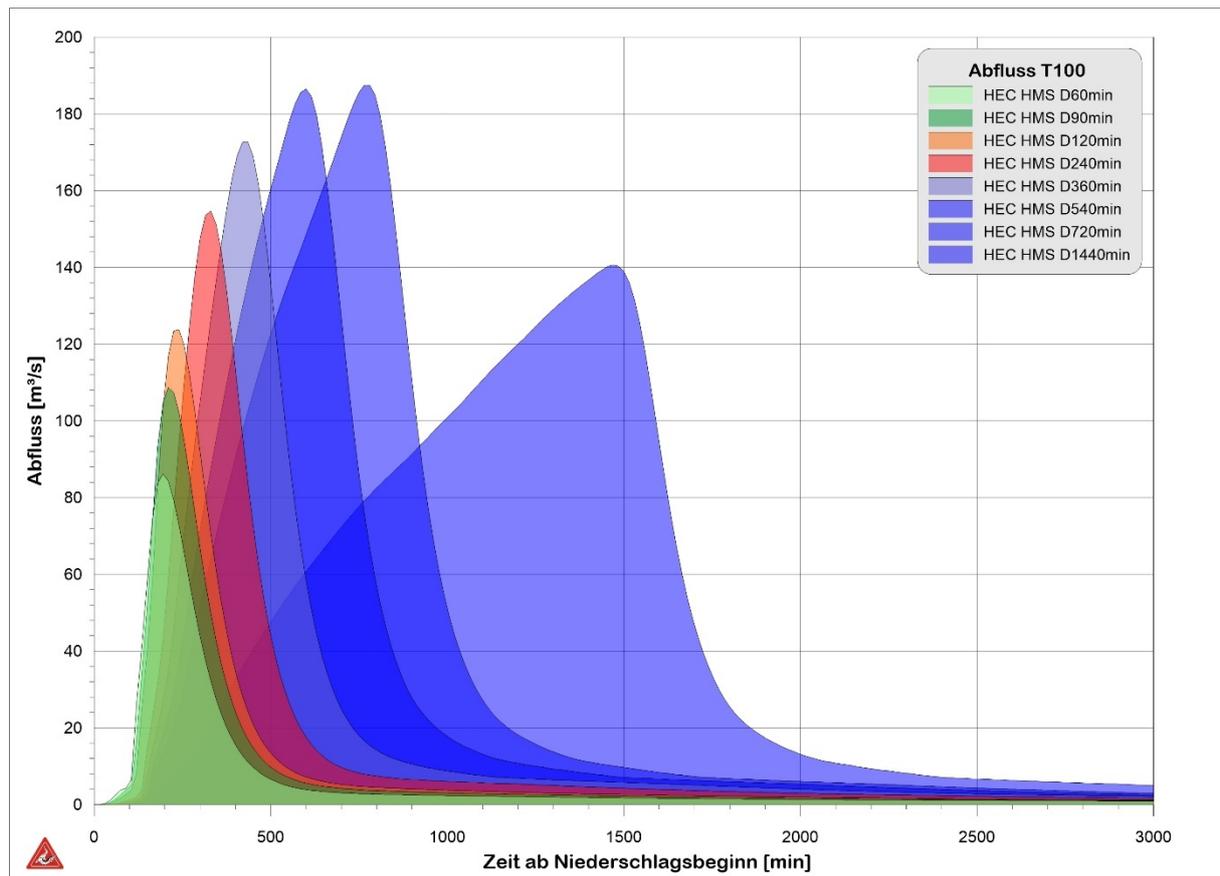


Abbildung 10: Abflüsse für Dauerstufe 60 Minuten bis 24 Stunden bei hm 0,0; berechnet mit HEC-HMS

Der Spitzenabfluss am Mündungspunkt zur Traun ergibt sich für die Dauerstufe von 12 Stunden mit 188 m<sup>3</sup>/s und entspricht dem Bemessungsabfluss für das Einzugsgebiet vom Frauenweißbach. Für die kleinen Dauerstufen von 60 bis 120 Minuten liegen die Abflusswerte im Bereich von 80 bis 120 m<sup>3</sup>/s.



### 6.1.2 Abflussfracht

Für die größte Dauerstufe von 24 Stunden ergibt sich bei hm 0,0 eine Abflussfracht von 7,8 Mio. m<sup>3</sup> (Abbildung 11). Für die Dauerstufe des Bemessungsabflusses (9 Stunden) wird ein Abflussvolumen von 5,1 Mio. m<sup>3</sup> ermittelt. Für die kleineren Dauerstufen von 60 Minuten bis 4 Stunden beträgt die Abflussfracht 1,2 bis 3,6 Mio. m<sup>3</sup>.

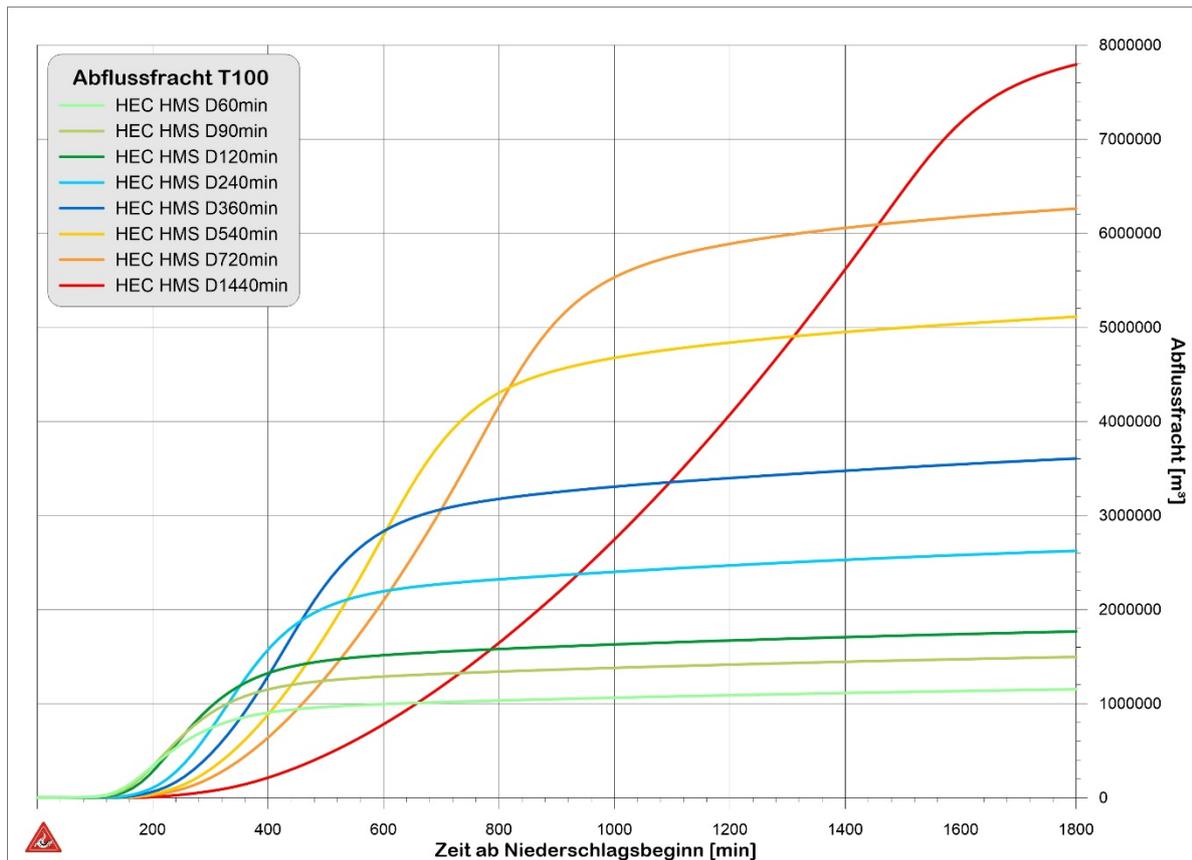


Abbildung 11: Abflussfrachten für Dauerstufe 4 Stunden bis 24 Stunden bei hm 0,0; berechnet mit HEC-HMS



## 6.2 Hektometer 55,0

### 6.2.1 Abfluss

Bei hm 55,0 münden der Grieseneck- und Offenseebach in den Frauenweißenbach ein. Der Spitzenabfluss am Mündungspunkt (hm 55,0) beträgt  $83 \text{ m}^3/\text{s}$  für die Dauerstufe von 12 Stunden (Abbildung 12) und entspricht dem Bemessungsabfluss des Grieseneckbaches. Für die kleineren Dauerstufen von 60 Minuten bis 4 Stunden werden Abflüsse von  $25$  bis  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  berechnet.

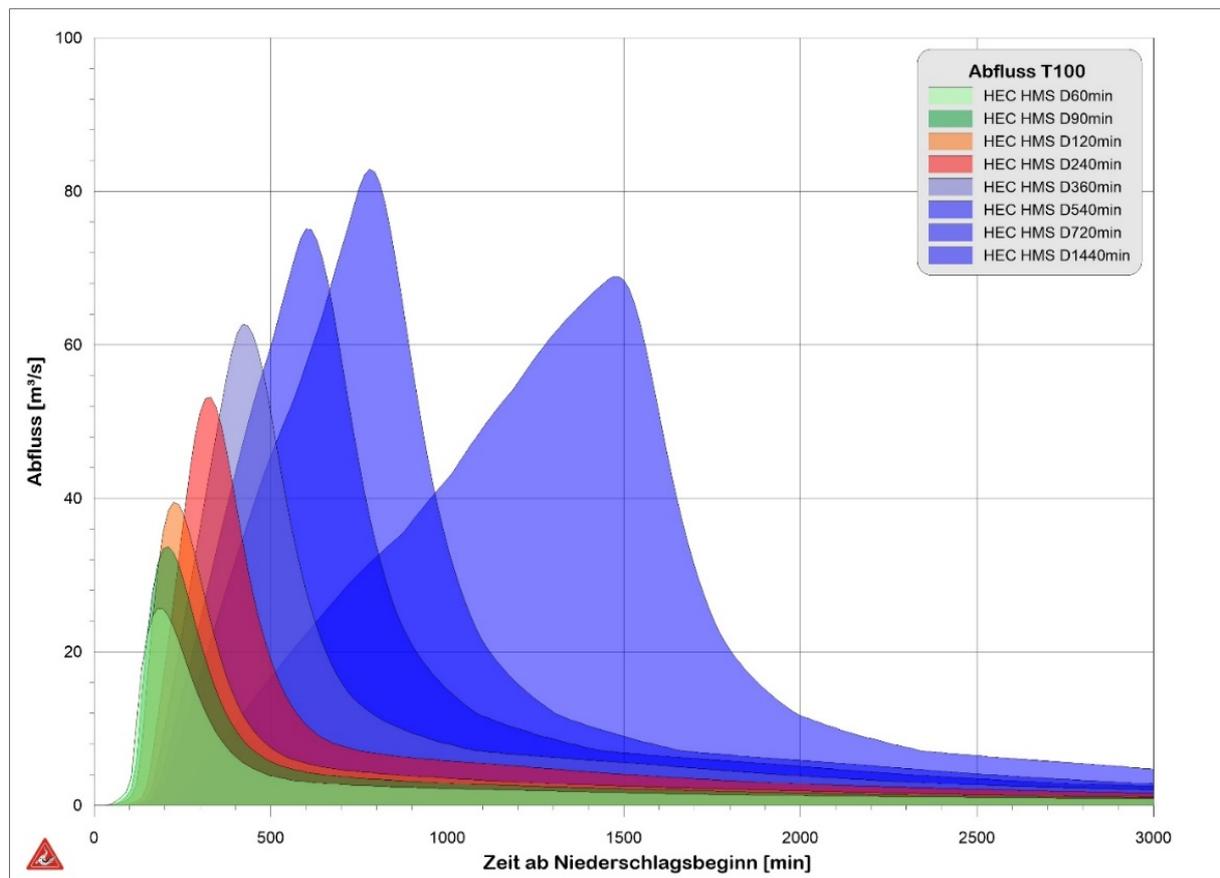


Abbildung 12: Abflüsse für Dauerstufe 60 Minuten bis 24 Stunden bei hm 55,0; berechnet mit HEC-HMS



## 6.2.2 Abflussfracht

Für die größte Dauerstufe von 24 Stunden ergibt sich bei hm 55,0 eine Abflussfracht von 3,5 Mio. m<sup>3</sup> (Abbildung 13). Für die Dauerstufe des Bemessungsabflusses von 9 Stunden wird ein Abflussvolumen von 2,4 Mio. m<sup>3</sup> ermittelt. Für die kürzeren Niederschlagsdauern werden Frachten von 0,5 Mio bis 1,3 Mio. m<sup>3</sup> simuliert.

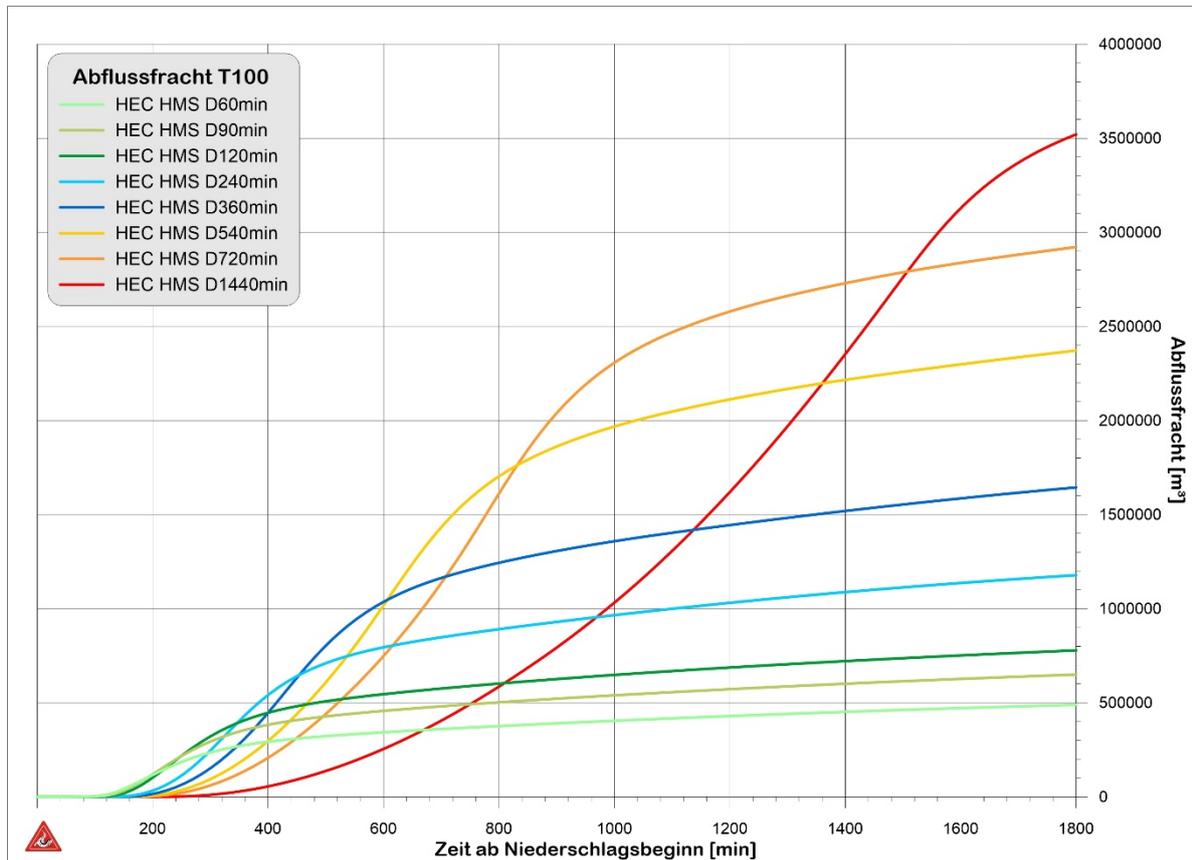


Abbildung 13: Abflussfrachten für Dauerstufe 4 Stunden bis 24 Stunden bei hm 55,0; berechnet mit HEC-HMS



## 6.3 Retentionswirkung Offensee

### 6.3.1 Wasserstand, Speichermenge

Zu Beginn jeder Simulation nimmt der Wasserstand am Offensee schnell zu und erreicht nach einer Niederschlagsdauer von 6 Stunden 651,2 m. Der maximale Wasserstand ergibt sich für die Dauerstufe von 12 Stunden mit 651,5 m (Abbildung 14). Folglich kommt es mit fortschreitender Niederschlagsdauer zu keiner weiteren Zunahme des Wasserstandes. Dementsprechend ergibt sich für die größte Dauerstufe von 24 Stunden ebenfalls eine Höhe von 651,5 m. Der Anstieg auf 651,5 m entspricht einer Speichermenge von rund 1,4 Mio. m<sup>3</sup>.

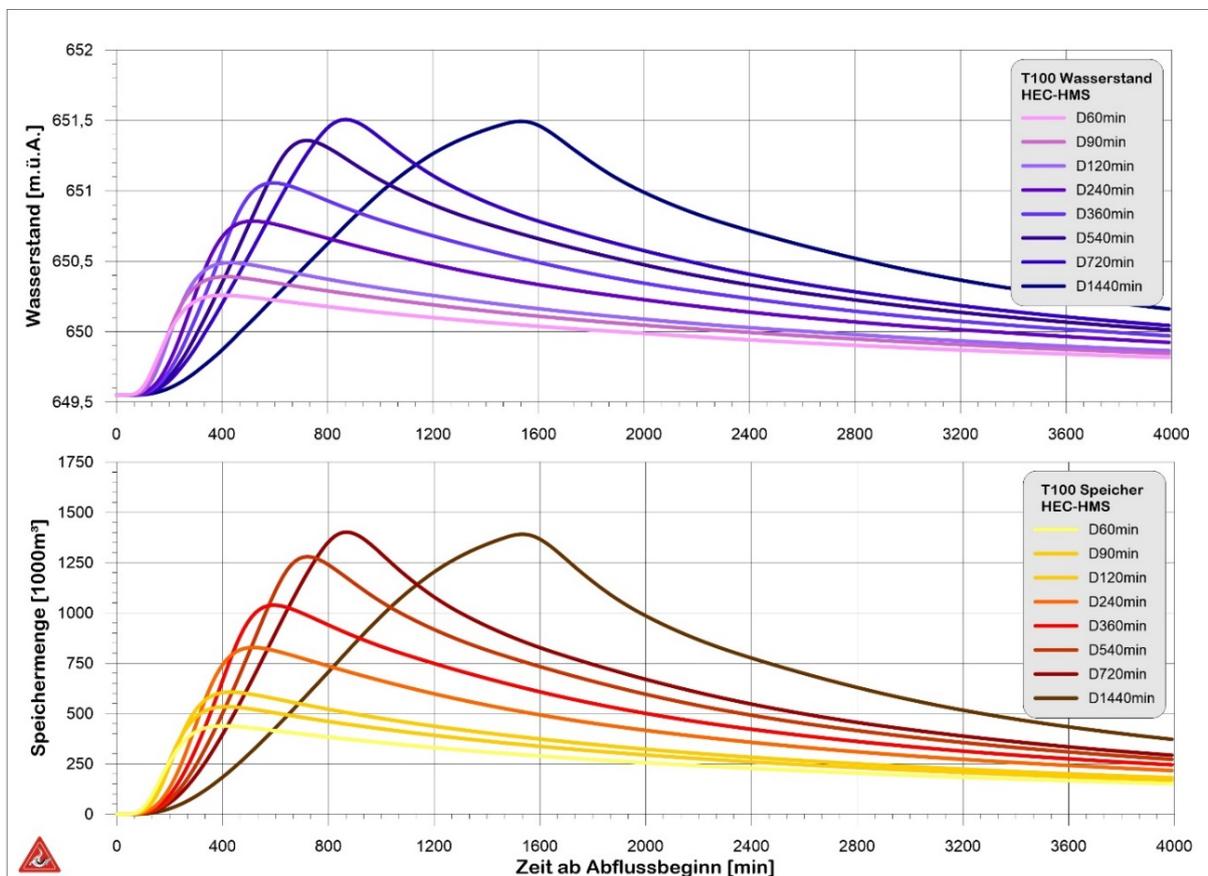


Abbildung 14: Gegenüberstellung der Wasserstände und Speichermengen am Offensee für unterschiedliche Dauerstufen; berechnet mit HEC-HMS



### 6.3.2 Abflussdämpfung

Für das Hochwasserszenario „ohne Offensee“ wird am Auslass vom Einzugsgebiet (hm 0,0) ein Spitzenabfluss von 238 m<sup>3</sup>/s berechnet (Abbildung 15). Das entspricht einer Differenz bzw. Abflussdämpfung von 50 m<sup>3</sup>/s. Der Effekt der Retention ist relativ gesehen für die kurzen Dauerstufen am größten. Die Modellimplementierung des Offensees wirkt sich nur gering auf den eigentlichen Eintrittszeitpunkt von  $Q_{\max}$  aus.

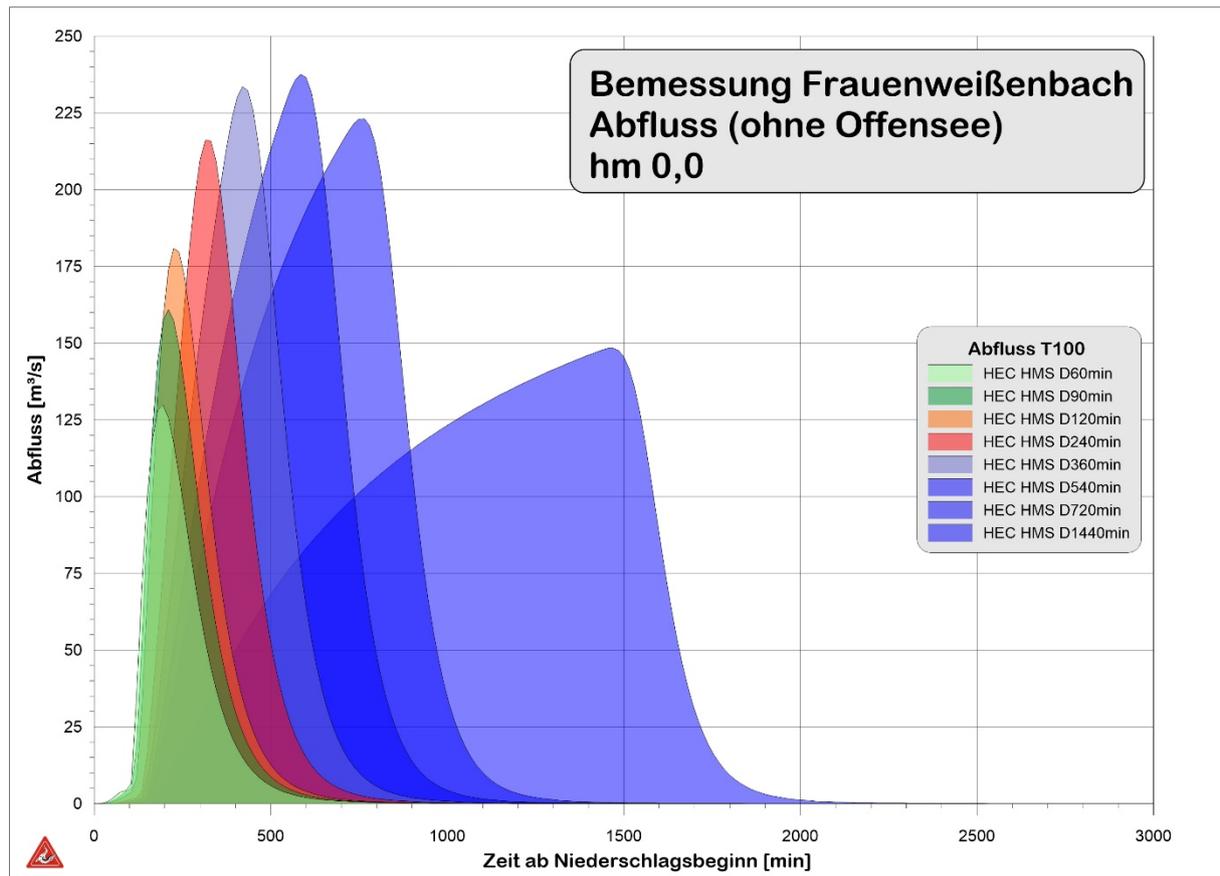


Abbildung 15: Gegenüberstellung der Abflüsse für unterschiedliche Dauerstufen ohne die Retentionswirkung des Offensees am Mündungspunkt (hm 0,0); berechnet mit HEC-HMS



## 7 Plausibilisierung und Interpretation der Ergebnisse

Da keine Daten zur Kalibrierung und Validierung zur Verfügung stehen, kommt in diesem Projekt der Plausibilisierung ein erhöhter Stellenwert zu. Dazu werden die mit dem Programm HEC-HMS simulierten Abflusswerte unter Verwendung des Hüllkurvenverfahrens (Wundt, 1953) mit aufgezeichneten Hochwasserabflüssen lokaler Messstationen verglichen.

### 7.1 Bemessungswerte vom Hydrographischen Dienst

#### 7.1.1 Empirische Berechnungen am Frauenweißenbach

Da es im Einzugsgebiet keine Abfluss-Messstationen gibt, werden die simulierten Abflüsse (HEC-HMS) mit bereits bekannten Werten des Hydrographischen Dienstes Oberösterreich (HD OÖ) verglichen. Der vom HD OÖ für das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches festgelegte Basis-Bemessungswert beträgt 140 m<sup>3</sup>/s.

Früher wurden am Frauenweißenbach Hochwasserdaten empirisch angenähert berechnet. Dabei sind am Mündungspunkt (hm 0,0) folgende Abflusswerte bestimmt worden:

Tabelle 10: Vergleich der Modellergebnisse (HEC-HMS) mit Berechnungen des HD OÖ

Jährlichkeit	HD OÖ [m <sup>3</sup> /s]	HEC-HMS [m <sup>3</sup> /s]
100	105	188
30	75	132
10	52	89
1	19	22

Es wird explizit darauf hingewiesen, dass für die Werte des HD OÖ das Einzugsgebiet vom Offensee mit einer Fläche von 21 km<sup>2</sup> ausgeklammert wurde. Diesbezüglich sind die Hochwasserdaten mit einer dementsprechend großen Unsicherheit zu versehen.



### 7.1.2 Lokale Hochwasserabflüsse

Zusätzlich wurden vom HD OÖ für die Plausibilisierung Hochwasserabflüsse von 3 lokalen Pegel-Messstellen (Tabelle 11) für das Hochwasserereignis vom August 2002 zur Verfügung gestellt.

Tabelle 11: Lokale Spitzenabflüsse, gemessen am 12. August 2002

Fließgewässer	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	Abflussspende [m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup> ]
Rettenbach	50	85	1,7
Mitterweißenbach	35	86	2,5
Langbathbach	40	57	1,4

### 7.2 Abflusswerte Langbathbach (Puchinger, 1993)

Im Rahmen der Diplomarbeit „Grundlagen für das Generelle Projekt am Langbathbach“ (Puchinger, 1993) wurden umfangreiche statistische Niederschlags- sowie Abflussauswertungen für das Einzugsgebiet des Langbathbaches (Entfernung ~15 km) durchgeführt.

Die mit dem Programm HEC-HMS simulierten Abflüsse werden mit dem HQ<sub>100</sub> Werten von Herrn Puchinger, welche er anhand von Niederschlagsextremwerten aus 81 untersuchten Ereignissen im Einzugsgebiet berechnet hat, verglichen.

### 7.3 Hüllkurvenverfahren (Wundt, 1953)

Die mit HEC-HMS simulierten Abflüsse werden unter Verwendung des Hüllkurvenverfahrens nach Wundt evaluiert. Für einen Gebietsfaktor  $\alpha$  von 13,8 ergeben sich für das Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches folgende Werte:

$$HQ_{90\%} = \alpha \cdot A_E^{0,6} \approx 200 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Hq_{90\%} = \alpha \cdot A_E^{-0,4} \approx 2,3 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$$

$$\alpha = HQ_{100} / A_E^{0,6} \approx 12,98$$

$HQ_{90\%}$  Abfluss [m<sup>3</sup>/s]

$Hq_{90\%}$  Abflussspende [m<sup>3</sup>/s.km<sup>2</sup>]

$HQ_{100}$  Bemessungsabfluss HEC-HMS [m<sup>3</sup>/s]

$\alpha$  Gebietsfaktor [-]

$A_E$  Fläche des Einzugsgebietes [km<sup>2</sup>]



Bezogen auf den mit HEC-HMS simulierten Bemessungsabfluss ( $HQ_{100}$ ) für das EZG des Frauenweißenbaches von  $188 \text{ m}^3/\text{s}$  ergibt sich rückgerechnet ein Gebietsfaktor  $\alpha$  von  $\sim 13$ . In Relation dazu sind die  $\alpha$ -Werte für die lokalen Hochwasserereignisse von 2002 deutlich geringer. Die Abflussspenden für die Einzugsgebiete des Langbath- und Rettenbaches liegen mit  $1,4$  bzw.  $1,7 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$  im Bereich für das 30-jährliche Hochwasser ( $HQ_{30}$ ) am Frauenweißenbach (Abbildung 16).

Das im Rahmen der Niederschlag-Abflussmodellierung für das Einzugsgebiet des Gimbaches (siehe Report 151, Band 1) simulierte  $HQ_{100}$  von  $71 \text{ m}^3/\text{s}$  fällt mit einer Abflussspende von  $\sim 12 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$  und einem Gebietsfaktor von  $24,2$  wesentlich größer aus. Es sei gesagt, dass für das EZG des Gimbaches ein Intensitätsfaktor von  $1,3$  (fluviatiler Feststofftransport) verwendet wurde. Des Weiteren ergeben sich i.d.R. für kleinere Einzugsgebiete (Gimbach  $\sim 6 \text{ km}^2$ ) größere  $\alpha$ -Werte bzw. Abflussspenden (Wundt, 1965).

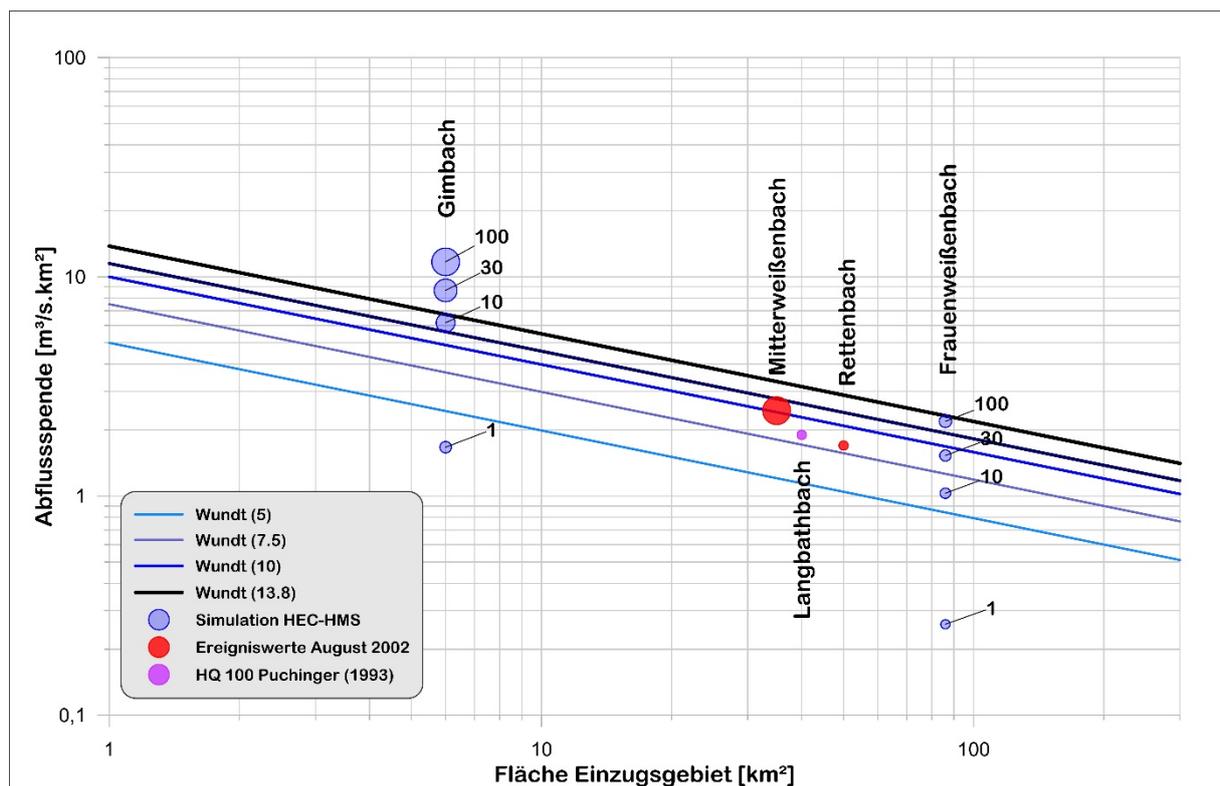


Abbildung 16: Abflussspenden unterschiedlicher Jährlichkeit der Pegel im Vergleich zu den Hüllkurven nach Wundt (1953) mit unterschiedlichem Gebietsfaktor  $\alpha$



## **7.4 Schlussfolgerung**

Die Ermittlung des Basis-Bemessungswertes eines 100-jährlichen Bemessungsereignisses in einem unbeobachteten Einzugsgebiet wird durch die verwendeten Gebietseigenschaften, die angesetzten meteorologischen Größen sowie den angewandten Modellen/ Modellparametern wesentlich beeinflusst. Die Ergebnisse der Simulationen zeigen eine dementsprechende Schwankungsbreite.

Für dieses Projekt wurde für die Niederschlag-Abflussmodellierung das Programm HEC-HMS verwendet, welches in der Praxis häufig angewendet wird. Die Gebietseigenschaften wurden flächenhaft vorhandenen Datensätzen entnommen und durch Feldbegehungen verifiziert bzw. angepasst. Die meteorologischen Eingangsgrößen entsprechen den „mittleren Bemessungsniederschlägen“ der Jährlichkeit 100 Jahre aus dem eHyd für die Dauerstufen von 60 Minuten bis 24 Stunden. Die Abflussbestimmung folgt dem SCS-Verfahren, wobei die „initial abstraction ratio“ mit 0,05 angenommen wird, um dem derzeitigen Stand des Wissens zu entsprechen.

Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes liefern neben einer umfassenden Dokumentation vor allem Grundlagen für weiterführende Planungen im Einzugsgebiet des Frauenweißenbaches.



## 8 Literatur

- Aron, G. und White, E. (1982): Fitting a Gamma Distribution over a Synthetic Unit Hydrograph, Water Resources Bulletin, Vol, 18(1) S, 95-98
- BMLFUW, (2006): „Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft“ Forschungsbericht
- Chow, V.T, Maidman, D.R., Mays, L.W. (1988): Applied hydrology, McGraw-Hill, International Edition, New York (ISBN 0-07-010810-2)
- DVWK (1984): Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-Abflussmodellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil II: Synthese, H. 113 (ISBN 3-490-11397 7)
- DVWK (1991): Beitrag zur Bestimmung des effektiven Niederschlags für Bemessungshochwasser aus Gebietskenngrößen, Ergebnis einer vergleichenden Untersuchung durch den DVWK-Fachausschuss „Niederschlag-Abfluss-Modelle“, DVWK Materialien 2/1991
- Fang, X., Khanal, P., Theodore, C., David, T., Pratistha, P. (2005): Revisit of NRCS unit hydrograph procedures, Proceedings of the ASCE Texas Section Spring Meeting, Austin, Texas
- Hawkins, R.H., Jiang, R., Woodward, D.E., Hjelmfelt, A.T., VanMullen, J.E. (2002): Runoff curve number method: Examination of the initial abstraction ratio, Proceedings of the Second Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas, Nevada
- Jiang, R. (2001): Investigation of Runoff Curve Number Initial Abstraction Ratio, The University of Arizona, Master Thesis, 120 pp.
- Kauffeldt, A. et al. (2016): ‘Technical review of large-scale hydrological models for implementation in operational flood forecasting schemes on continental level’, Environmental Modelling and Software. doi: 10.1016/j.envsoft.2015.09.009.
- Kreps, H. (1957): Ein Versuch zur schematischen Berechnung von Hochwasser-Abflußfrachten, Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, H.18, S. 2-15.
- Lorenz, P., Skoda, G. (2001): Bemessungsniederschläge auf der Fläche für kurze Dauerstufen ( $D \leq 12$  Stunden) mit inadäquaten Daten. Wiener Mitteilungen



- Band 164: Niederschlag-Abfluss Modellierung - Simulation und Prognose, 179-200.
- Maniak, U. (1997): Hydrologie und Wasserwirtschaft: Eine Einführung für Ingenieure, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag
- Merz, R., G. Blöschl and J. Parajka, D. (2006): Raum-zeitliche Variabilität von Ereignisabflussbeiwerten in Österreich, Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 50 (1), pp. 2-11.
- NRCS (2010): NEH Part 630 Hydrology, Chapter 15: Time of Concentration <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=27002.wba> (15.5.2010)
- ONR 24800 (2009): Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung; Austrian Standards Institute, 2009.
- Ördögh, M. (2020): Optimierung der Geschiebebewirtschaftung am Gimbach (Teil Hydrologie), Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur (94 Seiten), unveröffentlicht
- ÖWAV (2019): Regelblatt 220 – Niederschlag-Abfluss-Modellierung; Austrian Standards Institute, 2019
- Puchinger, F. (1993): Grundlagen für das Generelle Projekt Langbathbach, Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur (141 Seiten), unveröffentlicht
- Rallison, R.E. & Miller, N. (1981): Past, present, and future SCS Runoff procedure, Rainfall-Runoff Relationship, in: Proceedings of the International Symposium on Rainfall-Runoff Modelling at the Mississippi State University, May 1981, Water Resources Publication, Colorado
- Soil Conservation Service (1985): SCS National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology, U.S. Dep. of Agriculture, Washington D.C.
- Strickler, A. (1923): Contributions to the question of a velocity formula and roughness data for streams, channels and closed pipelines (in German), Mitteilung des Eidg. Amtes für Wasserwirt. 16, Bern, Switzerland



- Van Husen, D. (1977): Zur Fazies und Stratigraphie der jungpleistozänen Ablagerungen im Trauntal, Geologische Bundesanstalt Wien, Band 120 S. 130.
- Wagener, T.; Boyle, D.P.; Lees, M.J.; Wheater, H.S.; Gupta, H.V.; Sorooshian, S. (2001): A framework for development and application of hydrological models. In: Hydrol. Earth Syst. Sci. 5, Heft 1, S. 13 – 26.
- WLS Report 92 (2003): Dokumentation und Grundlagenerhebung zur Aufarbeitung der Hochwasserereignisse vom August 2002 im Bereich der WLV-Gebietsbauleitung Salzkammergut, Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen Wien
- Wundt, W. (1953): Gewässerkunde, Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg
- Wundt, W. (1965): Grenzwerte der Hochwasserspense und der mittleren Abflußspense in Abhängigkeit von der Fläche. Wasserwirtschaft 55 (H.1), 1-5