



## Hochwasserschutz Buoholzbach

### Auflageprojekt

# Überprüfung Hydrologie

<b>Auftraggeber:</b>		
<b>Bauherrschaft:</b>	<b>Projektleiter Bauherr:</b>	<b>Stv. Projektleiter Bauherr:</b>
Landwirtschafts- und Umweltdirektion Kanton Nidwalden Amt für Wald und Naturgefahren Stansstaderstrasse 59 Postfach 1251 6371 Stans	 <b>KISSLING + ZBINDEN AG</b> INGENIEURE PLANER USIC  Tempelstrasse 8A      Fon 033 334 20 50 3608 Thun www.kzag.ch              martin.andres@kzag.ch	<b>INDERGAND AG</b> Bauherrenunterstützung Raumplanung – Planungs-/Baurecht  Chälengasse 26      Fon 079 257 03 39 6053 Alpnachstad u.indergand@indergand-ag.ch

<b>Projektbearbeitung:</b>		
<b>Bauingenieur:</b>	<b>Hydraulik/Geschiebe:</b>	<b>Umwelt:</b>
 <b>SCHUBIGER AG</b> BAUINGENIEURE  6052 Hergiswil      Fon 041 632 66 22 6375 Beckenried      info@schubiger-nw.ch 6048 Horw              www.schubiger-nw.ch	<i>Beffa tognacca gmbh</i>  A San Rocch              Fon 091 863 44 41 6702 Claro www.fluvial.ch	 <b>tensor</b>  Heubachstr. 61      Fon 076 334 39 45 8810 Horgen www.tensor.ch

	<b>Datum:</b>	<b>erst.</b>	<b>gepr.</b>	<b>Dokumentenbezeichnung in Projektmappe</b>	<b>Format:</b>	A4
	24.03.2023	dr	sc		<b>1.5</b>	<b>Dok. Nr.:</b>
a	12.04.2024	dr	sc			
b						
c						
d						

Projekt: HWS Buholzbach  
Abschnitt: Bauprojekt  
Art: Plausibilisierung Hochwasserabflüsse

Auftrags-Nr.: 2287  
Datum/Visum: 07.03.2023/dr  
Stand: 24.03.23

## 1 Ausgangslage

In der Schweiz liegen seit 1990 Karten mit Angaben zu extremen Punktniederschlägen in Form vom hydrologischen Atlas der Schweiz (HADES) vor. Im Jahr 2022 wurden neue Niederschlagswerte im hydrologischen Atlas der Schweiz publiziert. Die Werte unterscheiden sich aufgrund zusätzlicher Messwerte, veränderten klimatischen Bedingungen sowie verbesserter Auswertungsmethoden teilweise deutlich von den letztmals veröffentlichten Werte im Jahr 1997.

Aus diesem Grund wurde von Seiten BAFU verlangt, dass im Rahmen von der Bearbeitung des Hochwasserschutzprojekts Buholzbach eine Plausibilisierung der bisher verwendeten, hydrologischen Kennwerte beim Buholzbach anhand der neuen Grundlagedaten vom HADES durchgeführt wird.

## 2 Bisher verwendete hydrologische Kennwerte (Abflussspitzen)

Das Einzugsgebiet des Buholzbachs beträgt ca. 13.5km<sup>2</sup> und wird folglich den mittelgrossen Einzugsgebieten zugeordnet (10-500 km<sup>2</sup>).

Im Rahmen der Ersterarbeitung der Gefahrenkarte wurden die Hochwasserspitzen mit einem breit abgestützten Verfahren unter Zuhilfenahme mehrerer geeigneter Schätzformeln und -verfahren bestimmt. Es handelte sich um die Verfahren Kölla, Forster, Melli-Müller und GIUB. Es wurden folgende Abflussspitzen definiert:

Tabelle 1: bisher verwendete Abflussspitzen am Buholzbach

Einzugsgebiet	HQ <sub>30</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>300</sub>	EHQ
13.5 km <sup>2</sup>	39 m <sup>3</sup> /s	68 m <sup>3</sup> /s	90 m <sup>3</sup> /s	137 m <sup>3</sup> /s

## 3 Veränderungen der HADES-Werte

Beim HADES wird zwischen Niederschlagsintensitäten über eine Stunde (mm/h) und über einen Tag (mm/24h) unterschieden. In den folgenden Abbildungen sind die Veränderungen zwischen den HADES-Ausgaben von 1997 und 2022 für die Niederschlagssumme über 1h sowie 24h dargestellt.

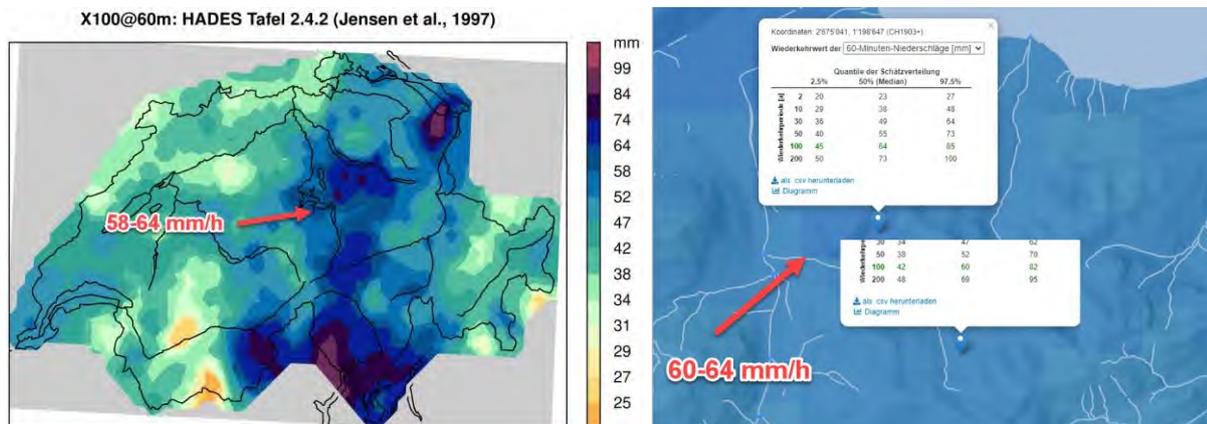


Abbildung 1: Veränderung der Intensitäten bei einem 100-jährlichen Niederschlagsereignis (1h-Summe) im Bereich vom Einzugsgebiet vom Buholzbach. **Links 1997, Rechts 2022**

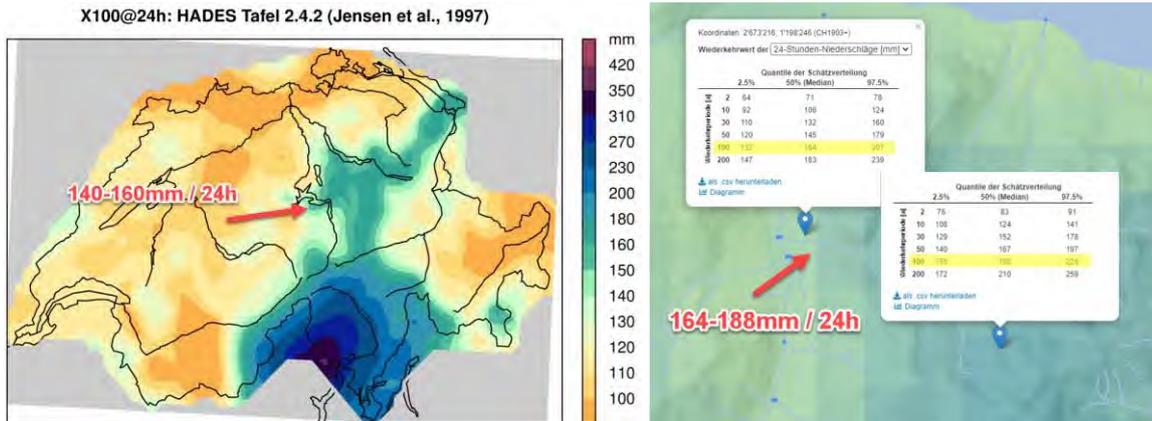


Abbildung 2: Veränderung der Intensitäten bei einem 100-jährlichen Niederschlagsereignis (24h-Summe) im Bereich vom Einzugsgebiet vom Buholzbach. **Links 1997, Rechts 2022**

Die Auszüge aus dem HADES zeigen, dass bei den stündlichen Niederschlagsintensitäten **keine** grossen Änderungen eingetreten sind. Bei den langanhaltenden Niederschlägen sind die Niederschlagssummen jedoch um gut 20mm/d bzw. um ca. 17% angestiegen.

#### 4 Berechnungsmethoden (mittelgrosse Einzugsgebiete)

Für die Plausibilisierung der bisher verwendeten Abflusskennwerte wurden die heute gängigen Berechnungsmethoden (HQx\_meso\_CH) und die bisher verwendeten Methoden angewendet und basierend auf den neuen HADES-Werten die Abflusskennwerte neu bestimmt. In der Folge sind die Berechnungsmethoden kurz erläutert und die berechneten Abflüsse aufgeführt:

##### 4.1 Kürsteiner (älterer Ansatz, eher pessimistisch)

Ansatz für die Berechnung der H Hochwasserspitzenabflüsse (Eingrenzung EHQ)

$$Q_{\max} = c \cdot F^{2/3}$$

(c- Wert zwischen 9 und 10 sinnvoll)

**Abflussspitze beträgt 51-57 m³/s**

##### 4.2 Müller-Zeller (älterer Ansatz, eher pessimistisch)

Ansatz für die Berechnung der Hochwasserspitzenabflüsse (Eingrenzung EHQ); Angabe der Korrelation: ca. 80%-Überschätzung von HQ<sub>100</sub>

$$Q_{\max} = \alpha \cdot \psi \cdot F^{2/3}$$

Alpha: 35; Abflussbeiwert ca. 0.6

**Abflussspitze beträgt 120m³/s** (HQ<sub>100</sub> beträgt 67m³/s bei Berücksichtigung von 80% Überschätzung)

### 4.3 GIUB'96

Ansatz für die Berechnung von Hochwasserspitzenabflüsse (Eingrenzung EHQ) und Hochwasserspitzen mit vorgegebener Jährlichkeit ( $HQ_{100}$ )

$$\text{Ansatz 1: } HQ_{100} = a \cdot Fn^b \quad \text{und} \quad Q_{\max} = a \cdot Fn^b$$

$$\text{Ansatz 2: } HQ_{100} = a \cdot MQ^b \quad \text{und} \quad Q_{\max} = a \cdot MQ^b$$

Hinweis: Das  $HQ_{100}$  wird in der vorliegenden Region eher unterschätzt

Das Einzugsgebiet vom Buholzbach liegt im Gebiet: A3, an der Grenze von Gebiet N1 (siehe Abbildung 3)



Abbildung 3: Auszug aus der Methode GIUB für die Zuteilung der Regionenkennwerte.

Die Kennwerte sowie die daraus folgenden Abflüsse für die beiden Gebiete A3 und N1 sind wie folgt definiert:

A3:  $b=0.78$ ;  $a=2.4$  ( $Q_{\max}$ ) bzw. 1.4 ( $HQ_{100}$ ) ;  **$HQ_{100}$  bzw.  $Q_{\max}$  -> 10-18m<sup>3</sup>/s** (mit EZG-Fläche)

N1:  $b=0.6$ ;  $a=13.18$  ( $Q_{\max}$ ) bzw. 7.18 ( $HQ_{100}$ ) ;  **$HQ_{100}$  bzw.  $Q_{\max}$  -> 34-63m<sup>3</sup>/s** (mit EZG-Fläche)

A3:  $b=0.66$ ;  $a=17.13$  ( $HQ_{100}$ ) ;  **$HQ_{100}$  bzw.  $Q_{\max}$  -> 17 m<sup>3</sup>/s** (mit Abfluss =1m<sup>3</sup>/s)

N1:  $b=0.62$ ;  $a=56.23$  ( $Q_{\max}$ ) bzw. 41.14 ( $HQ_{100}$ ) ;  **$HQ_{100}$  bzw.  $Q_{\max}$  -> 41-56m<sup>3</sup>/s** (mit Abfluss =1m<sup>3</sup>/s)

Da die Abflusswerte in den Regionen A3 und N1 sehr klein ausfallen, wurde die Region um den Pilatus (Gebiet N2) ebenfalls noch berücksichtigt:

N2:  $b=0.54$ ;  $a=33.11$  ( $Q_{\max}$ ) bzw. 17.66 ( $HQ_{100}$ ) ;  **$HQ_{100}$  bzw.  $Q_{\max}$  -> 72-135m<sup>3</sup>/s** (mit Fläche)

N2:  $b=0.65$ ;  $a=141.25$  ( $Q_{\max}$ ) bzw. 75.1 ( $HQ_{100}$ ) ;  **$HQ_{100}$  bzw.  $Q_{\max}$  -> 75-141m<sup>3</sup>/s** (mit Abfluss =1m<sup>3</sup>/s)

Es ist deutlich ersichtlich, dass diese Berechnungsmethode sehr stark von der Gebietseinteilung abhängig ist.



#### 4.4 Kölla

Ansatz zur Berechnung der Hochwasserspitzen mit vorgegebener Jährlichkeit (20 und 100) und auf den Niederschlagssummen bzw. -intensitäten basiert.

$$HQ_x = (r_x(t_{C(x)} + r_s - f_x) \cdot (FL_{eff(x)} + FL_b) \cdot 0,278 + Q_{vgl(x)})$$

Niederschlagssummen im Einzugsgebiet vom Buoholzbach: **1h=64mm; 24h=188mm (HQ<sub>100</sub>)**

Fläche Gletscher und versiegelt: vernachlässigbar

Kumulative Gerinnelänge: 13.5km

Klasse des Benetzungsvolumens: C

**Abflussspitze HQ<sub>100</sub> beträgt 22m<sup>3</sup>/s**

#### 4.5 Momentenmethode

Ansatz zur Berechnung der Hochwasserspitzen mit vorgegebener Jährlichkeit basierend auf der mittleren Jahreshochwasserspitze und der Standardabweichung der Jahreshochwasserspitzen. Die Berechnung erfolgte gemäss den Parametern in der Software HQ<sub>x\_meso\_CH</sub>.

**Die Abflussspitze HQ<sub>100</sub> beträgt 18m<sup>3</sup>/s**

#### 4.6 BaD7

Ansatz zur Berechnung der Hochwasserspitzen mit vorgegebener Jährlichkeit. Dieses Modell basiert auf der Momentenmethode und entspricht der Weiterentwicklung von Barben im Jahr 2001, wobei bei der Definition der Jahreshochwasserspitze Referenzgebiete in der Schweiz zur Hilfe genommen werden. Die Berechnung erfolgte gemäss den Parametern in der Software HQ<sub>x\_meso\_CH</sub>.

**Die Abflussspitze HQ<sub>100</sub> beträgt 26m<sup>3</sup>/s**

#### 4.7 Forster

Ansatz zur Berechnung der Hochwasserspitzen mit vorgegebener Jährlichkeit (20 und 100) und auf den Niederschlagssummen bzw. -intensitäten basiert.

Unter Berücksichtigung der Intensitäten gemäss Kapitel 4.4, einer Gerinnelänge von 6.6km, einer Höhendifferenz von 1'230m sowie den Benetzungszeiten wird der Abfluss berechnet.

**Abflussspitze HQ<sub>100</sub> beträgt 83m<sup>3</sup>/s**

#### 4.8 Melli-Müller

Ansatz zur Berechnung der Hochwasserspitzen mit vorgegebener Jährlichkeit (300) unter Berücksichtigung vom Abfluss- und Niederschlagskoeffizienten sowie der Einzugsgebietsfläche. Der Niederschlagskoeffizient ergibt sich zu 40, weil die Niederschlagsintensität bei einem 100-jährlichen stündlichen Niederschlagsereignis grösser als 60mm/h beträgt.

**Die Abflussspitze von einem HQ<sub>300</sub> beträgt 68 m<sup>3</sup>/s**

#### 4.9 Plausibilisierung Scherrer Hydrologie

Es liegen Angaben von der Scherrer AG (Evaluation potentieller Standorte zur Ermittlung von Niederschlag und Abfluss im Einzugsgebiet des Buoholzbachs, 2016) zur Einzugsgebietscharakteristik bzw. dessen Abflusstypen vor. Abhängig von der gefallenen Niederschlagssumme ergeben sich gemäss Scherrer unterschiedliche Abflussbeiwerte. Aus diesem Grund wurde auch eine Abschätzung des Hochwasserabflusses basierend auf Scherrers Einschätzung zu Bodentyp und Abflussbeiwert durchgeführt. Dabei wurde pessimistisch angenommen, dass eine Vorsättigung vom Boden vorliegt (erhöhte Abflussbeiwerte) und darauf noch zusätzlich ein Niederschlag mit einer Intensität von 64mm/h fällt. In der folgenden Tabelle sind die Resultate zusammengefasst:



Tabelle 2: Plausibilisierung mit den Grundlagen von Scherrer.

Abflusstyp	Fläche	Abflussbeiwert	Intensität	HQ <sub>100</sub>
Typ 2	1.32 km <sup>2</sup>	73.5 %	0.018 mm/s	17.50 m <sup>3</sup> /s
Typ 3	1.58 km <sup>2</sup>	44.9 %	0.018 mm/s	12.80 m <sup>3</sup> /s
Typ 4	6.74 km <sup>2</sup>	15.0 %	0.018 mm/s	18.25 m <sup>3</sup> /s
Typ 5 (inkl. Typ 6)	3.86 km <sup>2</sup>	6.1 %	0.018 mm/s	4.25 m <sup>3</sup> /s
<b>Total</b>	<b>13.5 km<sup>2</sup></b>	<b>21.7 %</b>	<b>0.018 mm/s</b>	<b>52.80 m<sup>3</sup>/s</b>

#### 4.10 Zusammenfassung der Resultate

In der folgenden Tabelle sind die neu ermittelten Werte sowie die bisher verwendeten Abflussspitzen zusammenfassend dargestellt:

Ansatz	HQ <sub>30</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>300</sub>	EHQ
<i>bisher</i>	39 m <sup>3</sup> /s	68 m <sup>3</sup> /s	90 m <sup>3</sup> /s	137 m <sup>3</sup> /s
Kürsteiner				57 m <sup>3</sup> /s
Müller-Zeller				120 m <sup>3</sup> /s
GIUB 96 (A3)		10 m <sup>3</sup> /s		18 m <sup>3</sup> /s
GIUB 96 (N1)		41 m <sup>3</sup> /s		63 m <sup>3</sup> /s
GIUB 96 (N2)		75 m <sup>3</sup> /s		141 m <sup>3</sup> /s
Kölla		22 m <sup>3</sup> /s		
Momentenmethode		18 m <sup>3</sup> /s		
BaD7		26 m <sup>3</sup> /s		
Forster		85 m <sup>3</sup> /s		
Melli-Müller			68 m <sup>3</sup> /s	
Vereinf. Scherrer		53 m <sup>3</sup> /s		
Mittelwerte 2023		41 m <sup>3</sup> /s	68 m <sup>3</sup> /s	80 m <sup>3</sup> /s
Maximalwerte 2023		85 m <sup>3</sup> /s	68 m <sup>3</sup> /s	141 m <sup>3</sup> /s

Die Zusammenstellung der obigen Tabelle zeigt eindrücklich, dass die Mittelwerte aus den neuen Berechnungsmethoden deutlich kleinere Abflüsse ergeben, als bisher verwendet wurden. Ebenfalls deutlich sichtbar ist die deutliche Streuung der Resultate der verschiedenen Ansätze!

Auch bei der Berücksichtigung der Maximas fällt auf, dass nur zwei (bei HQ<sub>100</sub>) bzw. ein (bei EHQ) Berechnungsansatz höhere Werte ergeben als die bisher verwendeten Kennwerte.



## 5 Auswirkungen der angepassten HADES-Werten

Bei mehr als der Hälfte der oben verwendeten Berechnungsansätzen wird die Niederschlagsintensität nicht als Grundlage verwendet. Einzig die Berechnungsmethoden von Kölla und Forster benutzen die Niederschlagsdaten direkt als Grundlage für die Berechnung der Abflüsse.

Um die Auswirkungen von veränderten Niederschlagsintensitäten auf die Abflüsse besser abschätzen zu können, wurden folgende weitere Berechnungen mit den Ansätzen nach Kölla und Forster durchgeführt:

- Vergleich der Abflussspitzen aufgrund der angepassten Niederschlagsintensitäten von HADES zwischen 1997 und 2022
- Vorausschauende mögliche Entwicklung der Niederschlagsintensitäten aufgrund der Klimaerwärmung, indem die Niederschlagsintensität um 12% erhöht wird. Diese Annahme beruht auf den Ausführungen vom BAFU, Meteo Schweiz und NCCS (2020) in Klimawandel in der Schweiz.

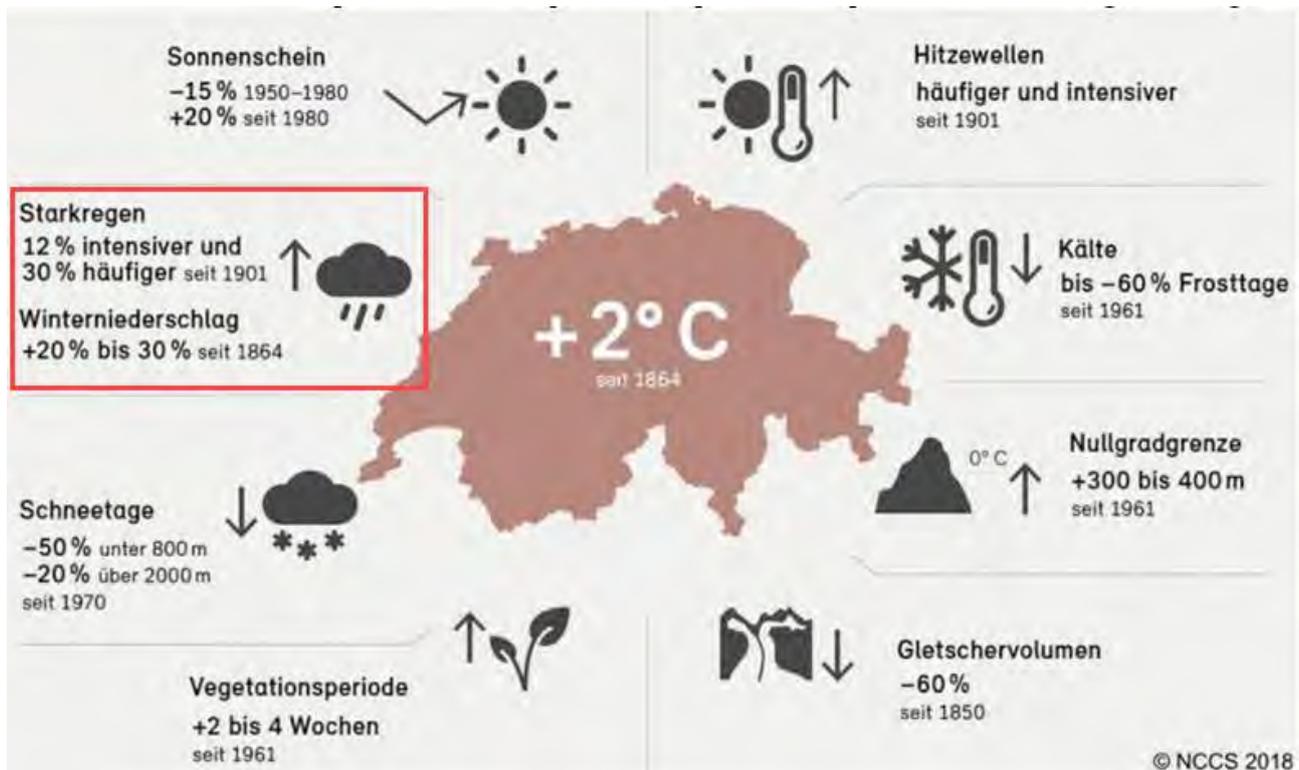


Abbildung 4: Auszug aus BAFU, MeteoSchweiz, NCCS 2020, Klimawandel in der Schweiz. Indikatoren zu Ursache, Auswirkungen, Massnahmen.

### 5.1 Veränderungen im Zeitraum 1997 bis 2022

Aufgrund der erhöhten Niederschlagsintensitäten bei den 24h-Summen haben sich folgende Anpassungen der Abflusswerte (HQ<sub>100</sub>) bei den beiden Berechnungsansätzen von Kölla und Forster ergeben:

Tabelle 3: Vergleich der Abflussspitzen bei den beiden Methoden Kölla und Forster zwischen 1997 und 2022

Berechnungsmethode	HQ <sub>100</sub> (1997)	HQ <sub>100</sub> (2022)	Veränderung [%]
Kölla	20.5 m <sup>3</sup> /s	22 m <sup>3</sup> /s	7.5 %
Forster	83 m <sup>3</sup> /s	85 m <sup>3</sup> /s	2.5 %



## 5.2 Prognose weitere Erhöhung der Niederschlagsintensitäten

Die Prognosen für die Zukunft sehen aufgrund der Klimaerwärmung Veränderungen bei den Niederschlagsereignissen herbei. Grundsätzlich verändern sich die Monatssummen. Es werden aber auch intensivere Starkniederschläge prognostiziert. Aus diesem Grund wurde untersucht, welche Auswirkungen eine weitere Erhöhung der Niederschlagsintensität auf die Hochwasserabflüsse unter Anwendung der Berechnungsmethoden von Kölla und Forster haben wird. Untersucht wurde eine Erhöhung der stündlichen Niederschlagsintensität um 12% gemäss Abbildung 4. Unter Berücksichtigung der heutigen HADES-Werten (2022) entspricht diese Erhöhung den Niederschlagsintensitäten von einem 200-jährlichen Ereignis. Die Niederschlagssumme von stündlichen Ereignissen beträgt ca. 72mm/h, diejenigen von einem Tag 211mm/d.

Tabelle 4: Vergleich der Abflussspitzen bei den beiden Methoden Kölla und Forster bei einer Erhöhung der Niederschlagsintensität um 12%.

Berechnungsmethode	HQ <sub>100</sub> (2022)	HQ <sub>100</sub> (2022 +12% N)	Veränderung [%]
<i>Kölla</i>	22 m <sup>3</sup> /s	26 m <sup>3</sup> /s	18 %
<i>Forster</i>	85 m <sup>3</sup> /s	98 m <sup>3</sup> /s	15 %

## 6 Fazit

Die durchgeführten Berechnungen zeigen, dass es keine triftigen Gründe gibt, die bisher verwendeten hydrologischen Kennwerte im Einzugsgebiet vom Buholzbach anzupassen. Vielmehr bestätigen die Berechnungsergebnisse, dass bereits bei der vor knapp 20 Jahren durchgeführten Gefahrenbeurteilung realistische und robuste Gewichtungen bei der Bestimmung der Hochwasserabflussspitzen vorgenommen wurden.

Folgende Hauptgründe sprechen gegen eine Anpassung der Werte:

- Die massgebenden Hochwasserabflüsse am Buholzbach werden tendenziell eher bei den intensiven Kurzniederschlägen erwartet. Bei den stündlichen Niederschlagssummen haben sich die HADES-Werte in den letzten 20 Jahren im Einzugsgebiet vom Buholzbach nicht verändert. Langanhaltende Niederschläge weisen tendenziell geringere Abflüsse und grosse Geschiebefrachten (teilweise auch als Murgänge) auf.
- Von den 11 angewendeten Berechnungsansätze liefern nur zwei Ansätze höhere HQ<sub>100</sub>-Abflüsse als diejenigen, welche bisher verwendet wurden. Der Mittelwert aller 11 Ansätze liegt weiterhin unterhalb vom Wert, welcher bislang verwendet wurde.
- Derjenige Ansatz, welcher die lokalen Verhältnisse am meisten berücksichtigt, ist der vereinfachte Ansatz nach Scherrer (Berücksichtigung Abflusswirksamkeit abhängig von Boden und Vorfeuchte). Der bei diesem Ansatz ermittelte Abfluss bei einem HQ<sub>100</sub> weist Reserven zum bisher verwendeten Abflusswert auf, um künftig noch intensivere Niederschläge gemäss Kapitel 5.2 abzudecken.
- Die durchgeführten Berechnungen zeigten, dass auch das damals definierte Extremereignis noch Gültigkeit hat, da der höchste ermittelte Abflusswert im Bereich vom bisher verwendeten Wert liegt.
- Die angewendeten Berechnungsmethoden weisen eine grosse Streuung auf. Die bisher verwendeten Abflusswerte liegen oberhalb von den Durchschnittswerten und berücksichtigen somit auch künftig Entwicklungen wie bspw. der Klimawandel.