

# 2D Hydraulik der Wark - Luxemburg Kompensationsmaßnahme für den Bau einer Schule -

Erläuterungsbericht Ist-Zustand

**Auftraggeber / Bauherr:****AC ETTTELBRUCK**

M. Le Bourgmestre  
Pl. de l'hôtel de ville  
L – 9087 Ettelbruck  
Tél. : 81 91 81

**Auftragnehmer:****LSC**

**BFH Ingenieure GmbH**  
Max-Planck-Straße, 22  
54296 Trier  
Tel.: +49 651 14749 0



<b>Projektnummer</b>	<b>20221303-BFH</b>	
	<b>Name</b>	<b>Datum</b>
<b>Erstellt von</b>	B. Eng. Lisa KIWELER Tel.: +49 (0) 651 14749-0	17/4/2023
<b>Geprüft von</b>	M. Eng. Alexander LEIDINGER Tel.: +49 (0) 651 14749-15	18/4/2023

**Modifikationen**

<b>Index</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Datum</b>

## Inhaltsverzeichnis

### 1. ERLÄUTERUNGEN

<b>1.</b>	<b>ERLÄUTERUNG.....</b>	<b>4</b>
1.1	Allgemeines / Vorhandene Situation .....	4
1.2	Methodik.....	6
1.3	Ergebnisse Ist-zustand .....	8
<b>2</b>	<b>FAZIT.....</b>	<b>13</b>

### Pläne

Lageplan Bestand – Übersicht der HQ	M 1 : 3000	Blatt-Nr. 1
Lageplan HQ10 Bestand	M 1 : 1000	Blatt-Nr. 1.1
Profile HQ10 Bestand	M 1 : 100/100	Blatt-Nr. 1.2
Lageplan HQ50 Bestand	M 1 : 1000	Blatt-Nr. 2.1
Profile HQ50 Bestand	M 1 : 100/100	Blatt-Nr. 2.2
Lageplan HQ100 Bestand	M 1 : 1000	Blatt-Nr. 3.1
Profile HQ100 Bestand	M 1 : 100/100	Blatt-Nr. 3.2
Lageplan HQextrem Bestand	M 1 : 1000	Blatt-Nr. 4.1
Profile HQextrem Bestand	M 1 : 100/100	Blatt-Nr. 4.2

# 1. ERLÄUTERUNG

## 1.1 ALLGEMEINES / VORHANDENE SITUATION

Im Mai 2022 ist das Büro BFH-Ingenieure Trier (Partner der LSC) mit der hier vorliegenden hydraulischen Studie durch das Ingenieurbüro Luxplan S.A. beauftragt worden. Das Ziel dieser Studie ist es, ein annähernd auf die Überflutungsflächen des Geportals Luxemburg kalibrierte 2D-Hydraulikmodell zu liefern mit dessen Hilfe entsprechende Kompensationsmaßnahmen für den geplanten Neubau einer Schule in Warken zu entwerfen (Lageplan Bau der Schule: Abbildung 1).

Basierend auf den zugrundeliegenden Erkenntnissen erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt die modelltechnische Berücksichtigung des Endplanungszustandes der Schule sowie den angedachten Kompensationsmaßnahmen. Hierbei wird bewertet, inwieweit sich der Neubau sowie die Maßnahmen sich auf die Überflutung im Vorland verschiedener Lastfälle im Projektgebiet auswirkt.



ABBILDUNG 1: LAGEPLAN DES PROJEKTGEBIETS



Die hydraulischen Berechnungen innerhalb dieser Studie werden mithilfe eines zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Strömungsmodell (hier: Fluss-2D von Rehm Software GmbH) durchgeführt. Als hydrologische Grundlage dienen die nachfolgenden HQ-Werte (Tabelle 1) aus der Regionalisierung 2019 (farblich grau hinterlegt, die für die Berechnung verwendete Messreihe):

Gewässer	EZGID	EZG A <sub>E</sub>	HQ10	HQ50	HQ100	HQex
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]			
Wark (1. Punkt)	954	76,8	22,59	33,14	38,47	53,86
Wark	954	77,8	22,89	33,58	38,97	54,56
Wark	976	78,0	22,93	33,64	39,05	54,67
Wark	971	78,9	23,16	33,97	39,44	55,22

TABELLE 1: HOCHWASSERSCHEITELABFLÜSSE FÜR BESTIMMTE JÄHRLICHKEITEN

- AUSZUG AUS DER REGIONALISIERUNG 2019 – LUXEMBURG

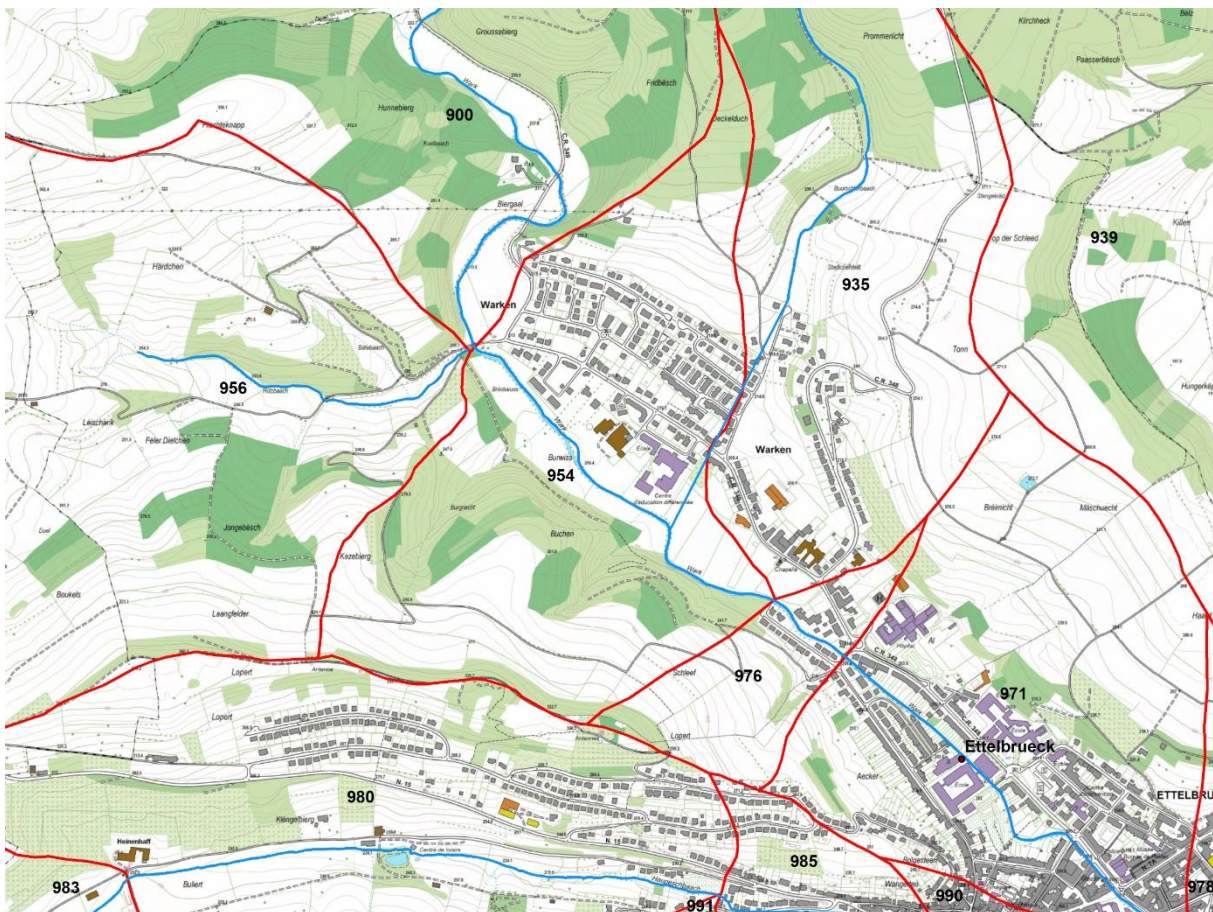


ABBILDUNG 2: ÜBERSICHT DES EINZUGSGEBIETS ZU DEN LASTFÄLLEN HQ10, HQ50, HQ100 UND HQEX.

Sämtliche für die Berechnungen benötigten weiteren Daten werden vom Auftraggeber bereitgestellt, konkret:

- Bestandsvermessung für das Brückenbauwerk im Ort
- Laserscan (LIDAR) für die Höheninformation der Geländeoberfläche

## 1.2 METHODIK

Zur Erstellung eines hydrodynamisch-numerischen Strömungsmodell mit der Fluss-2D-Software wird zunächst durch Einlesen der LIDAR-Daten ein unregelmäßiges Dreiecksnetz durch Triangulation erzeugt. Dieses Netz dient der Höheninformation für das spätere Berechnungsnetz.

Daraufhin erfolgt eine flächendeckende Gebietseinteilung hinsichtlich topografischer und hydraulischer Aspekte sowie die Vergebung von Rauheiten. Als Resultat erhält man ein rechenfähiges hydraulisches 2D-Strömungsmodell. Diesem können Randbedingungen, wie die zuströmende Wassermenge definiert werden.

Mit Absprache des Auftraggebers wird das Modell anhand der bereits erstellten Hochwassergefahrenkarten für die Ereignisse  $HQ_{10}$ ,  $HQ_{100}$  und  $HQ_{\text{extrem}}$  (einzusehen im Geoportal Luxemburg) und dazugehörigen Referenzwasserständen kalibriert. Dazu werden die  $k_{st}$ -Werte sowie die modellspezifische Einarbeitung des Brückenbauwerkes fortlaufend angepasst. Die übliche Vorgehensweise sieht das Anordnen eines 2D-Durchlasses vor. Dadurch wird die Realität bestmöglich abgebildet. In dieser Studie sollen sich die Ergebnisse jedoch an die Überflutungsfläche des Geoportals annähern, weshalb zwei Methoden zur Kalibrierung in Frage kommen. In dieser Studie finden daher zur bestmöglichen Kalibrierung ein 2D-Durchlass als auch vereinfacht ein 1D-Durchlass Verwendung. Dabei gilt zu beachten, dass die Art der Einarbeitung eines Brückenbauwerkes in das Modell (1D- oder 2D-Durchlass) maßgeblich den Rückstau im Flussschlauch vor der Engstelle beeinflusst. Demnach verursacht ein 1D-Durchlass modelltechnisch einen höheren Rückstau als ein 2D-Durchlass.

Zur Kalibrierung des Projektgebiets wurden folgende Rauheiten verwendet:

- Wald/Gehölz:  $k_{st}=10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Grünland:  $k_{st}=30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Siedlungsfläche:  $k_{st}=12 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Fließgewässer:  $k_{st}=30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$   
 $k_{st}=40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Straße/Asphalt:  $k_{st}=50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Brücken:  $k_{st}=55 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  → als 2D-Durchlass
- Gebäude:  $k_{st}= \text{ca. } 0 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  → unüberwindbares Hindernis
- Gebäude:  $k_{st}=1,5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  → überströmbar

Die übliche Vorgehensweise bei der Modellerstellung durch die Fluss-2D-Software sieht das Deklarieren von Gebäuden als unüberwindbares Hindernis vor. Dabei kann das Wasser lediglich am Gebäude vorbeiströmen und dieses nicht überströmen (überwinden). Mit Absprache des Auftraggebers wird zur Annäherung an die wahren Begebenheiten vor Ort mithilfe des  $k_{st}$ -Wertes eine Unterscheidung zwischen überflutbaren (z.B. Gebäudeteile mit Garagentor) und unüberwindbaren Gebäuden vorgenommen. Dazu ist die Situation vor Ort beurteilt worden. Die Abbildung 3 zeigt ein Beispiel für ein überströmbares Gebäude.



ABBILDUNG 3: BEISPIEL FÜR EIN ÜBERSTRÖMBARES GEBÄUDE AUFGRUND TIEFER LIEGENDEN ZUFahrTEN.



### 1.3 ERGEBNISSE IST-ZUSTAND

Das Projektgebiet der hier vorliegenden Studie bezieht sich auf den Standort für den Bau einer Schule in Warken. Zur Gegenüberstellung mit den Hochwassergefahrenkarten von Luxemburg (einzusehen im Geoportal Lu) werden vereinzelte Bereiche des gesamten Strömungsmodells herangezogen.

Bei dieser Studie werden die folgenden Hochwasserlastfälle untersucht:

- $HQ_{10} =$  22,59 m<sup>3</sup>/s → Brückenbauwerk mit 2D-Durchlass
- $HQ_{50} =$  33,14 m<sup>3</sup>/s → Brückenbauwerk mit 2D-Durchlass
- $HQ_{100} =$  38,47 m<sup>3</sup>/s → Brückenbauwerk mit 1D-Durchlass
- $HQ_{\text{extrem}} =$  53,86 m<sup>3</sup>/s → Brückenbauwerk mit 1D-Durchlass

Zunächst werden die zuvor genannten Lastfälle getrennt voneinander qualitativ bewertet und mit den Hochwassergefahrenkarten verglichen.

Durch den Hochwasserlastfall  $HQ_{10}$  bleibt das Projektgebiet überflutungsfrei. Dies lässt sich anhand Anlage 1.1 für den Lastfall  $HQ_{10}$  entnehmen.

Bei einem  $HQ_{50}$  kommt es bereits zu einer Überströmung nordwestlich des Projektgebiets. Das Volumen der Überflutungsfläche lässt sich mit ca. 88 m<sup>3</sup> ermitteln. Die Überflutungsfläche aus der Simulation für den Lastfall  $HQ_{50}$  lässt sich aus Anlage 2.1 entnehmen.

In Fließrichtung vor dem Brückenbauwerk variiert der Lastfall  $HQ_{10}$  zu der Hochwassergefahrenkarte Luxemburg. Hier zeigt sich im Gegensatz zu den Hochwassergefahrenkarten ein Übertreten des Wassers über den Gewässerquerschnitt. Dieses Übertreten kann durch den Rückstau resultierend des Brückenbauwerkes begründet werden. Die Abbildung 4 zeigt eine Gegenüberstellung dieses Bereiches.

Aus dem Lastfall  $HQ_{50}$  resultiert ein größerer Rückstau in den Ort. Dadurch sind bereits einige Gebäude von Überflutung betroffen. Für diesen Lastfall liegen keine Referenzwerte sowie Hochwassergefahrenkarten zum Vergleich vor.



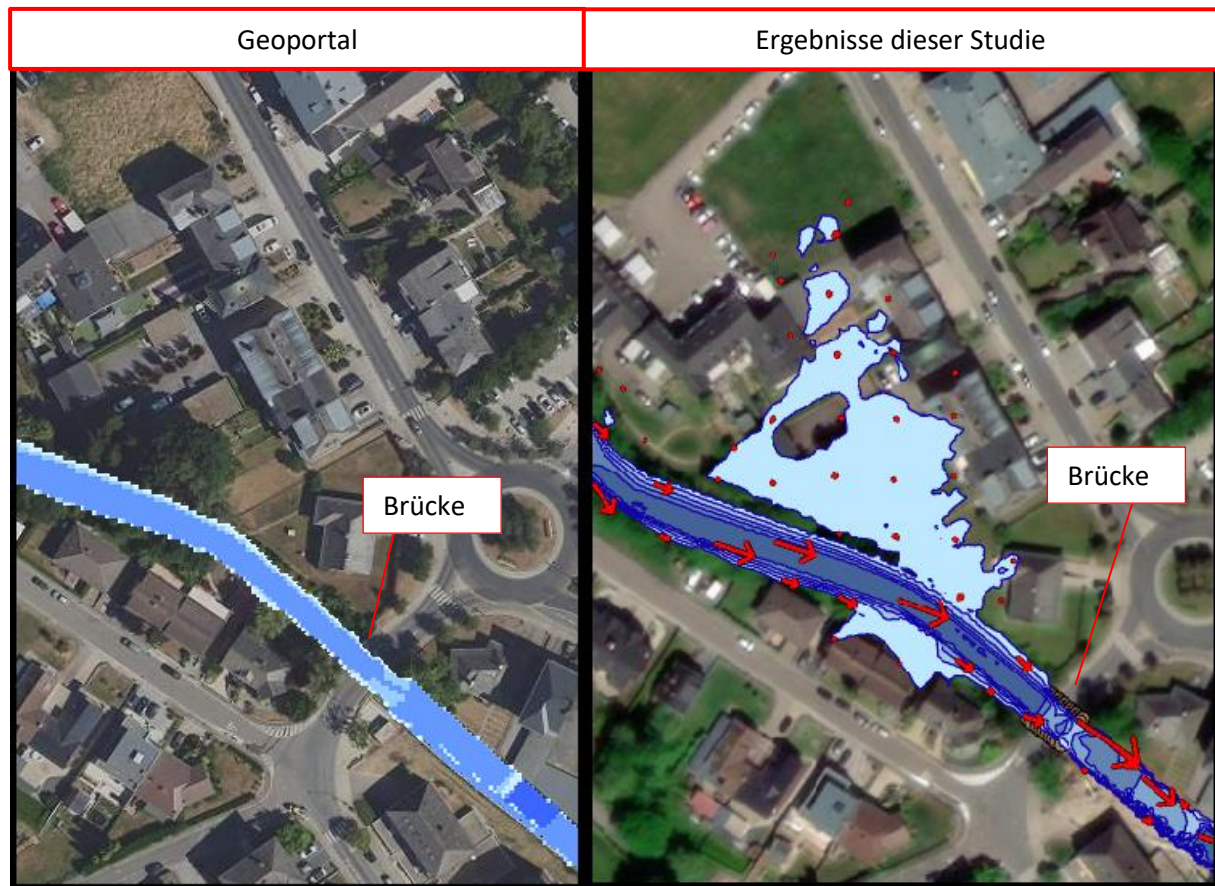


ABBILDUNG 4: GEGENÜBERSTELLUNG HQ10 MIT DEM GEOPORTAL LUXEMBURG

Bei den Lastfällen  $HQ_{100}$  und  $HQ_{\text{extrem}}$  wird das Projektgebiet überflutet, wodurch Kompensationsmaßnahmen erforderlich werden. Durch den Lastfall  $HQ_{100}$  wird durch das neue Gebäude potenziell ein Wasservolumen von ca.  $1.598\text{ m}^3$  und durch den Lastfall  $HQ_{\text{extrem}}$  ein Wasservolumen von ca.  $3.054\text{ m}^3$  verdrängt. Diese Wasservolumen gilt es zu kompensieren, um die Hochwassergefahr im Ort nicht zu erhöhen.

Die hydraulischen Ergebnisse sind in Anlage 3.1 für den Lastfall  $HQ_{100}$  und in Anlage 4.1 für den Lastfall  $HQ_{\text{extrem}}$  visualisiert und beziehen sich dabei auf das Projektgebiet.

Der  $HQ_{100}$  dieser Studie weicht in Fließrichtung nach dem Brückenbauwerk vom Geoportal ab. Begründet werden kann dies dadurch, dass durch die Anordnung eines 1D-Durchlasses und der damit verbundene erhöhte Rückstau die Überflutungsflächen in anderen Bereichen ungünstiger ausfallen können als in den Hochwassergefahrenkarten dargestellt.

Die Abbildung 5 zeigt den variierenden Bereich in der Gegenüberstellung.

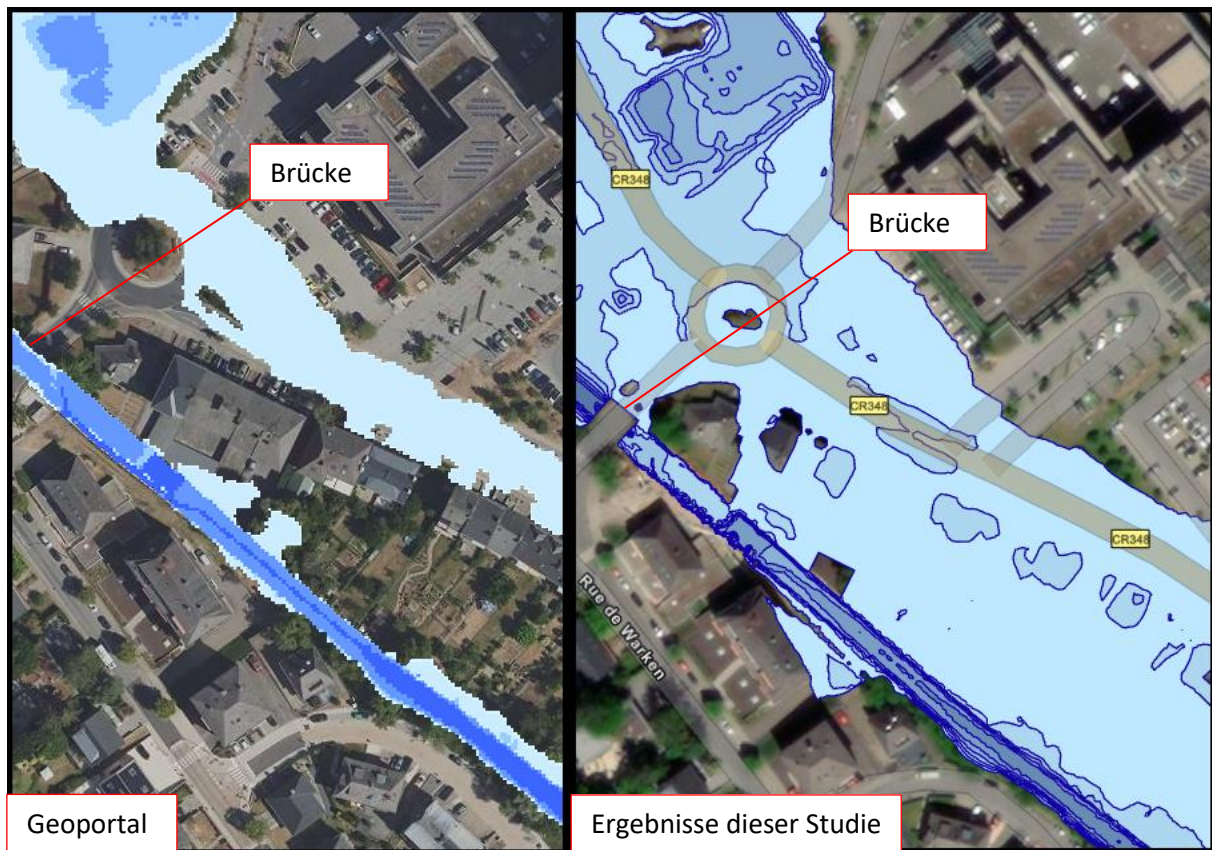


ABBILDUNG 5: GEGENÜBERSTELLUNG HQ100 MIT DEM GEOPORTAL LUXEMBURG (LINKS), STUDIE (RECHTS)



Der  $HQ_{\text{extrem}}$  dieser Studie weicht in Fließrichtung vor dem Projektgebiet vom Geoportal stärker ab. Dies kann dadurch begründet werden, dass in der Hochwassergefahrenkarte (Geoportal Luxemburg) Wasser vor der Gebietsgrenze übertritt und dadurch die Bereiche überflutet werden. Die Abbildung 6 zeigt diesen Bereich.

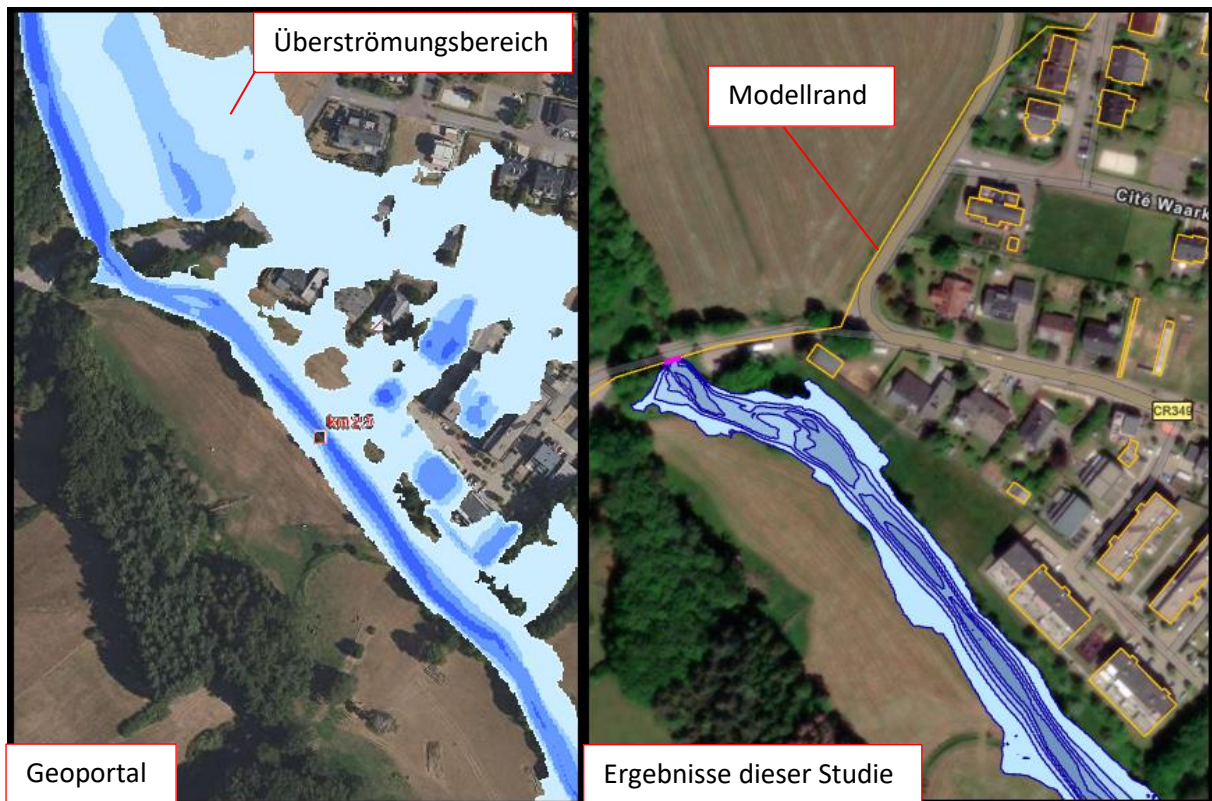


ABBILDUNG 6: GEGENÜBERSTELLUNG HQEXTREM MIT DEM GEOPORTAL LUXEMBURG

In Abbildung 7 werden die untersuchten Lastfälle quantitativ anhand der Referenzwasserstände von vorgegebenen Profilen gegenübergestellt. Anhand dieser Gegenüberstellung wird die bestmögliche Annäherung an die Hochwassergefahrenkarten aus dem Geoportal Luxemburg in Differenz aufgezeigt. Die Profile je Lastfall können aus den Anlagen (1.2-4.2) entnommen werden.

	Profil	HQ10	HQ10 Geoportal	Diff.	HQ50	HQ100	HQ100 Geoportal	Diff.	HQextrem	HQextrem Geoportal	Diff.
		m.üNN	m.üNN	$\Delta$ in [m]	m.üNN	m.üNN	m.üNN	$\Delta$ in [m]	m.üNN	m.üNN	$\Delta$ in [m]
Gewässer	PK 1.564	206,05	205,95	<b>+ 0,10</b>	206,45	206,75	206,44	<b>+ 0,31</b>	206,95	206,83	<b>+ 0,12</b>
	PK 1.680	206,44	206,44	<b><math>\pm 0,00</math></b>	206,89	207,17	207,02	<b>+ 0,15</b>	207,45	207,45	<b><math>\pm 0</math></b>
	PK 1.752	206,60	206,71	<b>- 0,11</b>	206,99	207,24	207,25	<b>- 0,01</b>	207,51	207,59	<b>- 0,08</b>
Vorland	PK 1.564	-	-		206,01	206,50	206,50	<b><math>\pm 0,00</math></b>	206,67	206,90	<b>- 0,23</b>
	PK 1.680	-	-		-	-	206,85	-	206,80	207,30	<b>- 0,50</b>
	PK 1.752	-	-		-	-	-	-	207,46	keine Daten	

ABBILDUNG 7: GEGENÜBERSTELLUNG DER LASTFÄLLE MIT DIFFERENZ DER WASSERSPIEGELLAGEN IM PROFIL.



## 2 FAZIT

Zusammenfassend werden für das Projektgebiet bereits ab einem HQ50 Kompensationsmaßnahmen notwendig:

- HQ50: ca. 88,0 m<sup>3</sup>
- HQ100: ca. 1.598 m<sup>3</sup>
- HQextrem: ca. 3.054 m<sup>3</sup>

Es gilt bei dieser Studie zu beachten, dass die Abweichungen zwischen der hier vorliegenden Studie und den Hochwassergefahrenkarten Luxemburg vor allem dadurch zu begründen sind, dass die Modellansätze sich unterscheiden. In der vorliegenden Studie werden die Flachwassergleichungen vollständig gelöst, während bei den Hochwassergefahrenkarten ein vereinfachter (rasterbasierter) Ansatz herangezogen wird. Hier werden einige Terme der Flachwassergleichung nicht berücksichtigt, um die Simulationsdauer zu verkürzen. Zudem werden Brückenbauwerke entweder aus dem digitalen Berechnungsnetz „freigeschnitten“ oder als sogenannte „Lineare Verbindung“ als 1D Durchlass im Modell berücksichtigt. Dieser Ansatz ist dafür bekannt, größere Einzugsgebiete schnell zu simulieren, um einen ersten „groben“ Überblick hinsichtlich Überflutungsflächen zu erhalten. Dennoch sollten diese Ergebnisse hinsichtlich Plausibilität geprüft und mit einer komplexeren, detailreicheren 2D Simulation verifiziert werden.