

Kreisverwaltung Südwestpfalz

PK 29/08

Stadt Hornbach

Hochwasserschutzmaßnahme Hornbach

III. Hydraulische Berechnungen

1. Allgemeines

Sämtliche hydraulischen Berechnungen wurden vom Institut für Wasser und Gewässerentwicklung an der Universität in Karlsruhe durchgeführt.

Diese sind in Anlage dargestellt.

Für den Bereich „Ortslage Hornbach“ wurde nur ein physikalisches Modell erstellt. Entsprechend stehen bei dieser Betrachtung nur hydraulische Angaben aus der Versuchsreihe zur Verfügung. In dieser Versuchsreihe wurden weder Schubspannungen gemessen noch Wasserstände zu verschiedenen Lastfällen (HQ 5 bis HQ 50) durch Versuchsreihen ermittelt.

Die Bereiche Kläranlage bis Unterbeiwaldershof sowie der Retentionsraum von Dietrichingen wurden numerisch abgebildet. Hierbei wurden neben den Ereignissen HW₁₉₉₃ und HQ₅₀ auch weitere Ereignisse zur Orientierung im Nachgang berechnet. Für diesen Bereich liegen Schubspannungen zur Ermittlung der Kornverteilung des Sohlsubstrates vor. Entsprechende Tabellen können den Planunterlagen entnommen werden.

Um einen besseren Übergang zu den Daten aus dem physikalischen Modell zu erhalten wurde ein Übergangsbereich zur Ortslage hin auch numerisch mit abgebildet. Für diesen Bereich liegen Wasserstände für die Lastfälle zwischen HQ₅ und HQ₅₀ vor.

2. Schubspannungen / Sohlbefestigungen

Bereich	Schubspannung Li / Re [N/m ²]	Sohlbefestigung	Max. aufnehmbare Schubspannung[N/m ²]
Schwalb			
0+24,65		Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
0+111,49		Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
0+161,12		Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
Hornbach			
0+068,93		Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
0+136,63		Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
0+237,29		Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
0+283,30		Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
0+368,59		Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
0+455,41	12,94 / 1,38	Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
0+590,56	4,3 / 2,48	Hartsteingeröll 20-63 mm	40 N / m ²
Flutmulde A			
0+049,42		Erosionsschutzmatten	40 N / m ²
0+024,65		Erosionsschutzmatten	40 N / m ²
Flutmulde B			
0+368,59		Erosionsschutzmatten	40 N / m ²
Flutmulde C			
0+081,17	7,97 / 6,62	Erosionsschutzmatten	40 N / m ²
0+236,71	21,32 / 19,42	Erosionsschutzmatten	40 N / m ²
Flutmulde D			
0+929,81	56,61 / 40,94	Erosionsschutzmatten (doppelt vernagelt)	60 N / m ²
Flutmulde E			
1+119,00	13,91 / 15,98	Erosionsschutzmatten	40 N / m ²
Flutmulde F			
Zufahrt			
1+473,00	16,81 / 14,28	Erosionsschutzmatten	40 N / m ²

3. Spiegellinien für verschiedene Lastfälle im Hornbach

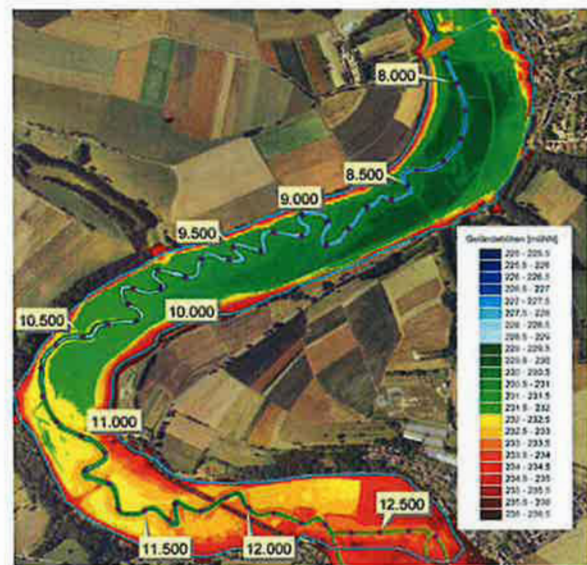
Abfluss	185 m³/s	145 m³/s	125 m³/s	67,8 m³/s	45,8 m³/s	34 m³/s	4,7 m³/s
Jährigkeit	HQ ₁₃₀	HQ ₅₀	HQ ₁₉₉₇	HQ ₅	HQ ₂	HQ ₁	MQ
1+119,00	233,93	233,73	233,63	233,25	233,05	232,79	230,27
0+929,81	234,03	233,84	233,72	233,34	233,13	232,87	230,38
0+590,56	234,64	234,37	234,21	233,66	233,36	233,09	230,93
0+455,41	234,72	234,45	234,29	233,76	233,50	233,27	231,15
0+368,59	234,77	234,52	234,37	233,86	233,65	233,39	231,21
0+237,29	234,88	234,66	234,56	234,10	233,79	233,51	231,37
0+136,63	235,00	234,80	234,72	234,22	233,88	233,59	231,50
0+068,93	235,10	234,89	234,80	234,30	233,94	233,66	231,62

Dahn, im Januar 2024

Ingenieurbüro Dilger GmbH
 Beratende Ingenieure für Bauwesen



Integriertes Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach/Pfalz



Auftraggeber:
**Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und
Gewerbeaufsicht (LUWG)
Rheinland-Pfalz**

Karlsruhe, Juli 2007



Integriertes Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach/Pfalz

Auftraggeber:

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (LUWG)
Rheinland-Pfalz

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Thomas Mohringer

Dipl.-Ing. Clemens Stelzer

Dr.-Ing. Boris Lehmann

Dr.-Ing. Peter Oberle

Karlsruhe, Juli 2007

Prof. Dr.-Ing. Franz Nestmann

Einleitung

Die Stadt Hornbach, am Zusammenfluss von Schwalb und Hornbach gelegen, hat immer wieder mit Überschwemmungen durch Hochwasser zu kämpfen. Zur Untersuchung der Hochwassersituation und zur Entwicklung von Gegenmaßnahmen in Hornbach wurde am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) ein physikalischer Modellversuch (siehe Bericht Teil A) durchgeführt.

Im Rahmen der Eichung des physikalischen Modells stellte sich heraus, dass die Hochwasserstände innerhalb der Ortslage signifikant durch Rückstau einfluss von unterstrom des Untersuchungsgebietes beeinflusst sind. Aus diesem Grund wurde zusätzlich ein hydrodynamisch-numerisches (2D-HN) Modell (siehe Bericht Teil B) erstellt, welches diesen Bereich abdeckt.



Integriertes Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach/Pfalz

Teil B: Numerische Strömungssimulation (2D) zur Analyse des Rückstauinflusses in die Stadt Hornbach sowie Retentionsausgleich am Hornbach

Auftraggeber:

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (LUWG)
Rheinland-Pfalz

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Clemens Stelzer
Dr.-Ing. Peter Oberle

Karlsruhe, Juli 2007

Prof. Dr.-Ing. Franz Nestmann

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Stadt Hornbach, am Zusammenfluss von Schwalb und Hornbach gelegen, hat immer wieder mit Überschwemmungen durch Hochwasser zu kämpfen. Das Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) der Universität Karlsruhe wurde deshalb beauftragt, anhand eines physikalischen Modells im institutseigenen Wasserbaulaboratorium geeignete flussbauliche Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes der Stadt Hornbach zu untersuchen [1]. Das Modellgebiet wurde auf den Bereich der Ortslage Hornbach einschließlich Werkkanal und Schwalb bis zur Kläranlage bei ca. km 12,2 beschränkt.

Im Rahmen dieser Untersuchungen stellte sich heraus, dass die Hochwasserstände innerhalb der Ortslage Hornbach signifikant durch Rückstauinfluss von unterstrom des bisherigen Untersuchungsgebietes beeinflusst sind. Zur Analyse des Rückstauinflusses und Erarbeitung von Lösungsansätzen zur Wasserspiegelabsenkung sollte ein zweidimensionales hydrodynamisch-numerisches Modell erstellt und somit das Untersuchungsgebiet auf den Talbereich bis Althornbach ausgeweitet werden. In Zusammenwirken mit dem bestehenden wasserbaulichen Modell (hybride Modelltechnik) waren Varianten für bauliche Maßnahmen zu entwickeln, die unterstrom der Ortslage eine Wasserspiegelabsenkung für den Bemessungsfall (HW1993) bewirken. Hierdurch wird der Rückstau in die Ortslage vermindert und das Wasserspiegelgefälle innerhalb des Untersuchungsgebietes vergrößert (Verstärkung der Fließbewegung). Die Ergebnisse der numerischen Berechnungen gehen dabei als Eingangsgröße (untere Randbedingung) in die physikalischen Laborversuche ein und werden in ihrer Auswirkung auf das Stadtgebiet überprüft. Als Schnitt- bzw. Koppelstelle zwischen dem physikalischen und dem numerischen Modell dient dabei der Bereich der Kläranlage am Ortsausgang Hornbach.

Bei der Konzeptumsetzung muss beachtet werden, dass eine Reduktion von Wasserständen mit einer Verringerung des Wasserrückhaltes (Retentionsvolumens) während eines Ereignisses einhergeht. Zur Gewährleistung der Hochwasserneutralität sollten entsprechende Standorte für einen Volumenausgleich untersucht und hydraulisch bewertet werden.

Zusammenfassend stellen sich die Zielsetzungen der numerischen Untersuchung wie folgt dar:

1. Analyse der Rückstaueffekte in die Ortslage Hornbach
2. Geometrisches Variantenstudium zur Reduzierung des Rückstaus
3. Volumenbilanzierung und Retentionsrückgewinnung

¹ Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach „Untersuchung der Hochwassersituation am physikalischen Modell“, IWG, Uni-Karlsruhe, 2007

2 Vorgehensweise

Aufgrund der vorhandenen Strömungscharakteristik des Hornbach (mäandrierender Flusslauf mit weitem Vorland, Querbauwerke) ist der Einsatz eines zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen (2D-HN-) Modells, welches die Strömung auch in lateraler Ausdehnung auflöst, zielführend (siehe Abb. B 2.1). Eingangsgrößen sind Topographie und Parameter zur Berücksichtigung der Oberflächencharakteristik im Modellgebiet sowie hydrologische Randbedingungen.

Das Modell zur Untersuchung des Rückstauinflusses in die Ortslage Hornbach erstreckt sich von oberstrom Althornbach (Brücke „Am Bahnhof“, Hornbach-km 7,85) bis in die Ortslage Hornbach (Hornbach-km 12,8). Somit können am oberen Modellrand für die Zuflüsse Hornbach-Kraftwerkskanal, Hornbach-Altarm und Schwalb getrennte Abflussangaben gemacht werden. Durch die Erweiterung des 2D-HN-Modells bis in die Ortslage, können die Ergebnisse im Untersuchungsgebiet unabhängig von unbekannten Bedingungen an den oberstromigen Modellrändern (z.B. laterale Fließgeschwindigkeitsverteilungen) gemacht werden. Eine Auswertung der numerischen Ergebnisse erfolgt unterstrom Hornbach-km 12,2. An diesem Profil erfolgt die Übergabe von Strömungskenngrößen an das physikalische Modell.

Durch die Ausdehnung des 2D-HN-Modells nach unterstrom bis zum neuen Pegel in Althornbach können die Möglichkeiten eines Volumenausgleiches (Wiedergewinnung von Retentionsraum) in der Talaue zwischen Hornbach und Althornbach numerisch analysiert werden.

Die Kalibrierung des 2D-HN-Modells erfolgt über den Vergleich berechneter und gemessener Wasserstände aus dem Jahr 1993 und entsprechende Anpassung von Modellparametern (i.d.R. Rauheitsbeiwerte) (Kapitel 4). Der Abfluss dieses Hochwasserereignisses entspricht laut Vorgabe des Auftraggebers dem Bemessungsabfluss, für den die geplanten Umbaumaßnahmen konzipiert werden. Durch Anpassung der hochaufgelösten Systemgeometrie des 2D-HN-Modells konnte der Einfluss baulicher Maßnahmen (z.B. Rückbau der Radwegbrücke, Flutmulde etc.) auf die abflussabhängigen Wasserstände quantifiziert werden (Kapitel 5). Die Ergebnisse des geometrischen Variantenstudiums liefern die Grundlage für eine Optimierung der Schutzkonzeption im Hinblick auf Kosten-Nutzen-Analysen.

Zur Gewährleistung der Hochwasserneutralität der Maßnahmen wurden zwei Standorte untersucht, die für einen Volumenausgleich in Frage kommen. Im Modell „Althornbach – Hornbach“ (Abb. B 2.1) wurde eine Querverbauung im Vorland an Hornbach-km 8,5 im Modell implementiert und hydraulisch ausgewertet. Als weiterer Standort wurde in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber das Gebiet oberstrom von Dietrichingen an der Straßenquerung der K13 (Hornbach-km 20,04) ausgewählt. Hierfür wurde ein zusätzliches 2D-HN-Modell des Hornbach von km 20,04 bis km 22,54 erstellt (Abb. B 6.3).

Zur Bewertung der Modellgüte bzw. zur Eingrenzung der Modellunsicherheiten wurden umfassende Sensitivitätsanalysen bezüglich Abfluss, unterer Randbedingung, Reibungsbeiwerten und Bauwerksabmessungen durchgeführt.

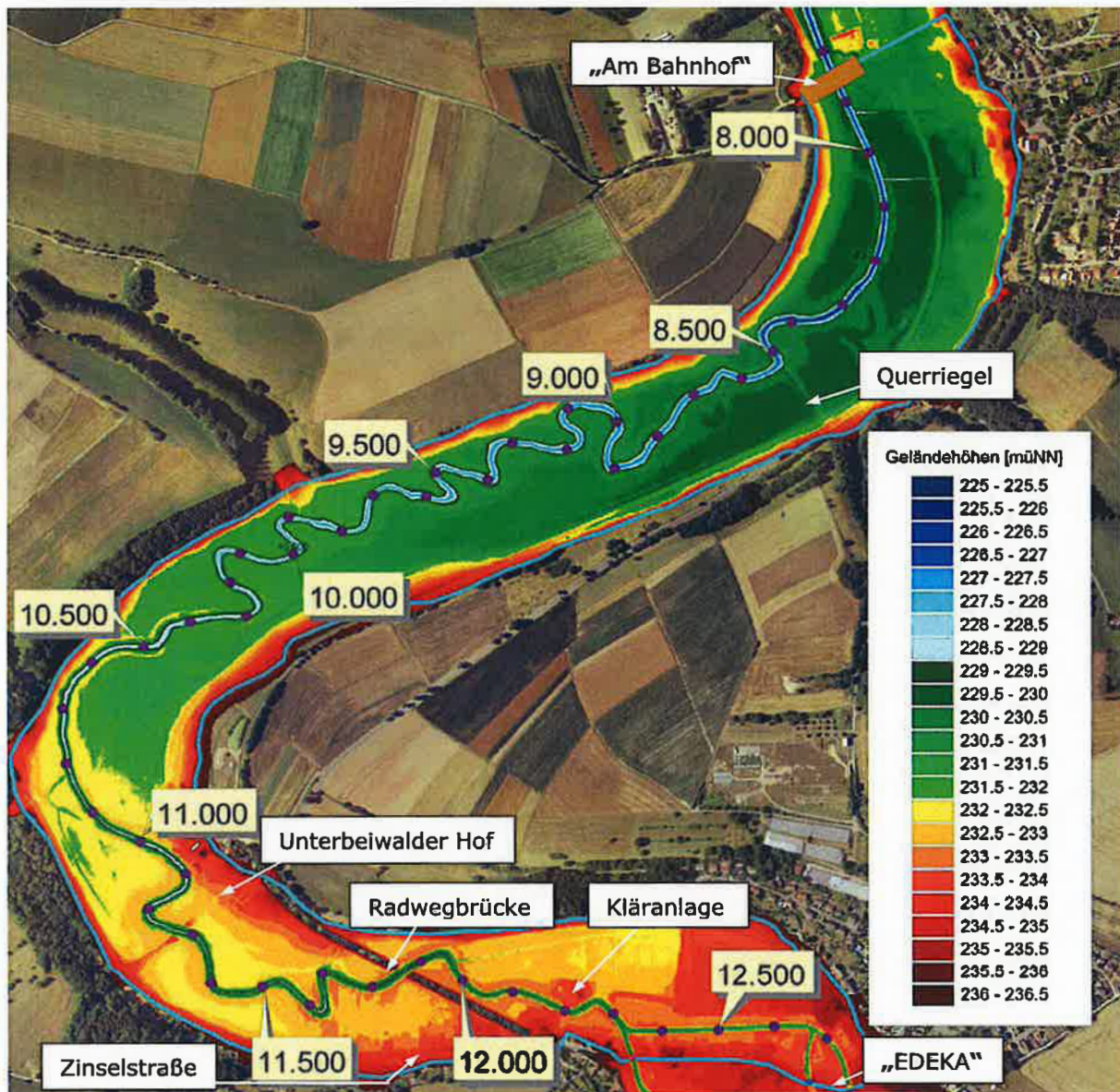


Abb. B 2.1: Modellgebiet „Althornbach – Hornbach“ (Umrandung hellblau)

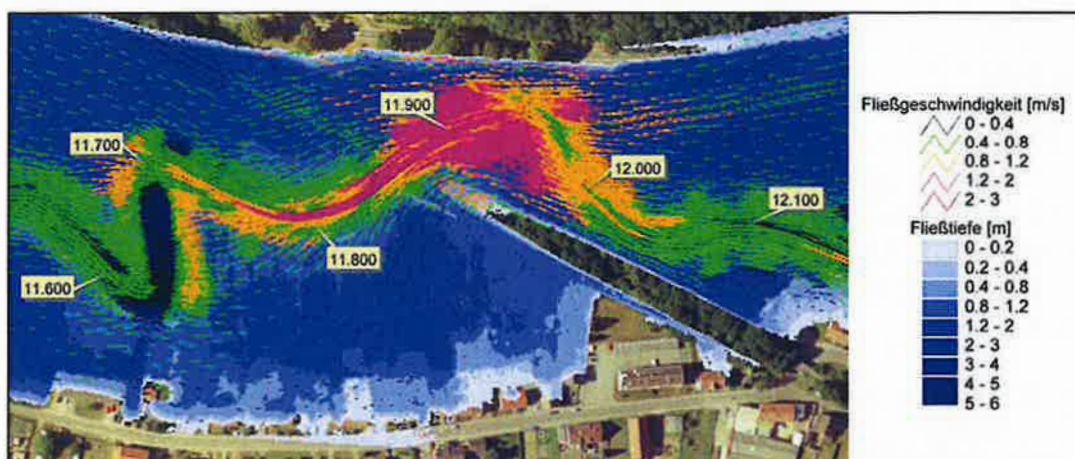


Abb. B 5.15: Fließtiefen und Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Radwegbrücke bei Variante 4 ($Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$)

5.6 Ausführungsvorschlag (Variante 5)

Gemeinsam mit dem Auftraggeber wurde nach umfassender Diskussion der Zwischenergebnisse sowie einer Ortsbegehung ein Ausführungsvorschlag erarbeitet. Dieser umfasst eine Abtragung des Dammes auf dem rechten Vorland (siehe Variante 2) sowie zusätzliche Flutmulden. Zudem wird die Böschungsverwallung zwischen km 11,9 und km 12,15 geebnet.

Die erste Flutmulde beginnt oberstrom des Radwegdammes in Höhe der Kläranlage (km 12,3) und führt über das rechte Vorland an km 11,95 wieder zum Flussschlauch. Von einem oberstromigen direkten Anschluss an das Gewässerbett wurde aufgrund der Zufahrtsstraße zur Kläranlage abgesehen. Die zweite Mulde führt von km 11,9 durch den Bereich des abgetragenen Radwegdammes bis km 11,7. Zwischen km 11,7 und 11,5 kürzt die dritte Mulde den Mäander in diesem Bereich ab. Ab km 11,4 setzt sich Mulde 4 in einer flacheren Ausführung auf dem linken Vorland fort.

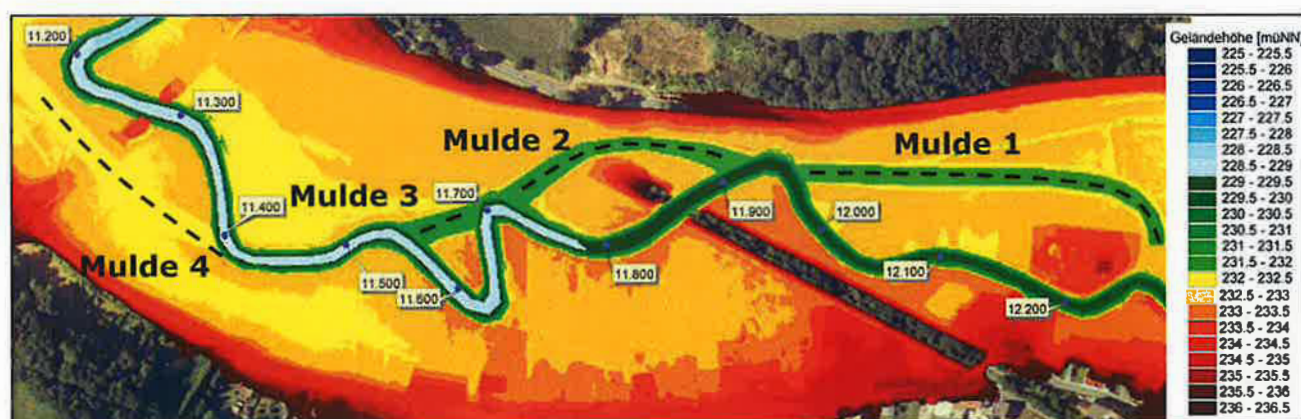


Abb. B 5.16: DGM im Bereich der Radwegbrücke beim Ausführungsvorschlag



Abb. B 5.17: 3D-Ansicht der Radwegbrücke von oberstrom (Variante 5, Ausführungsvorschlag)

Die Straße am Unterbeiwalders Hof ist linksseitig im IST-Zustand gegenüber dem umgebenden Gelände leicht erhöht. Um einen Einstau der Häuserzeile (Zinselstraße) unterstrom der Radwegbrücke weiter zu minimieren, wird der linksseitige Straßenabschnitt für die weitere Untersuchung mit einbezogen und der Führung von Mulde 4 angepasst. Unterstrom der Straße läuft Mulde 4 auf Vorlandniveau aus (siehe Abb. B 5.16). Die Flutmulden haben oberstrom von km 11,5 durchschnittliche Abmessungen von ca. $B = 15$ m Breite und ca. $y = 1$ m Tiefe. Bei Flutmulde 4 beträgt die Tiefe noch ca. $y = 0,4$ m bei ca. $B = 15$ m Breite. Tab. B 5.2 fasst die Maßnahmen zusammen.

Maßnahme	Hornbach-km [km]
Dammabtragung rechtes Vorland	11,85
Ebnung der Böschungsverwallung	11,9 – 12,15
Flutmulde 1	11,95 – 12,3
Flutmulde 2	11,7 – 11,9
Flutmulde 3	11,55 – 11,7
Flutmulde 4	11,2 – 11,4
Tieferlegung der Straße am Unterbeiwalders Hof	11,28

Tab. B 5.2: Maßnahmen des Ausführungsvorschlags

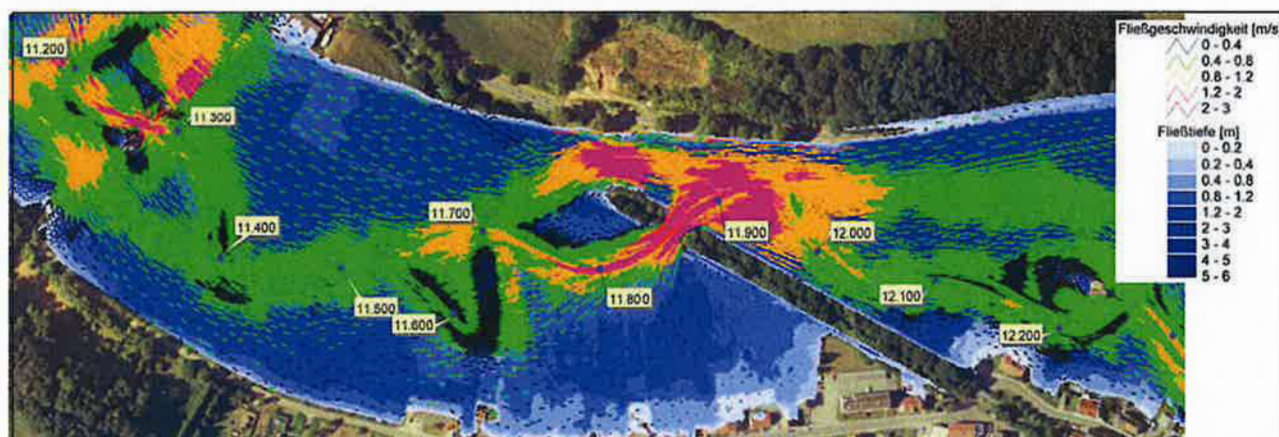


Abb. B 5.18: Fließtiefen und Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Radwegbrücke beim Ausführungsvorschlag ($Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$)

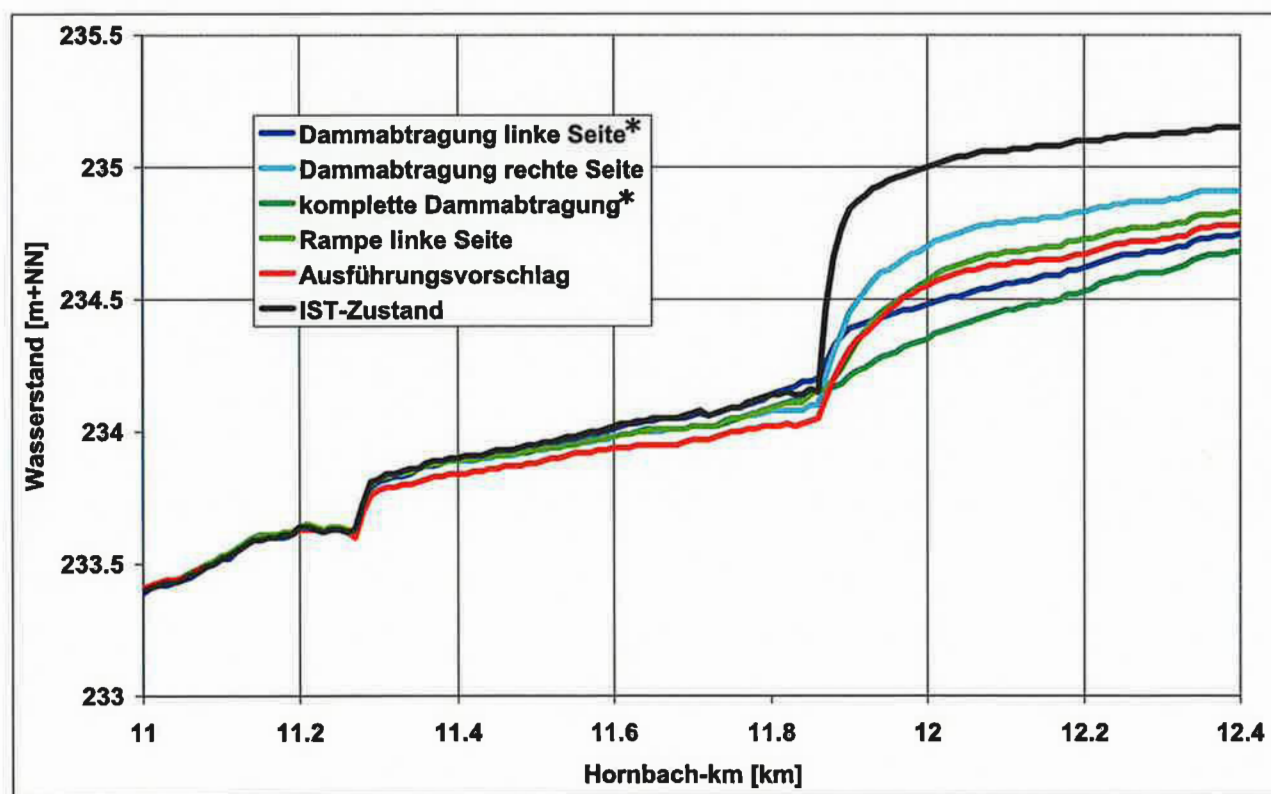


Abb. B 5.19: Wasserspiegellängsschnitte in Flussmitte ($Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$)

* Diese Varianten gehen mit einer Erhöhung der Wasserstände im Bereich der Zinselstraße einher.

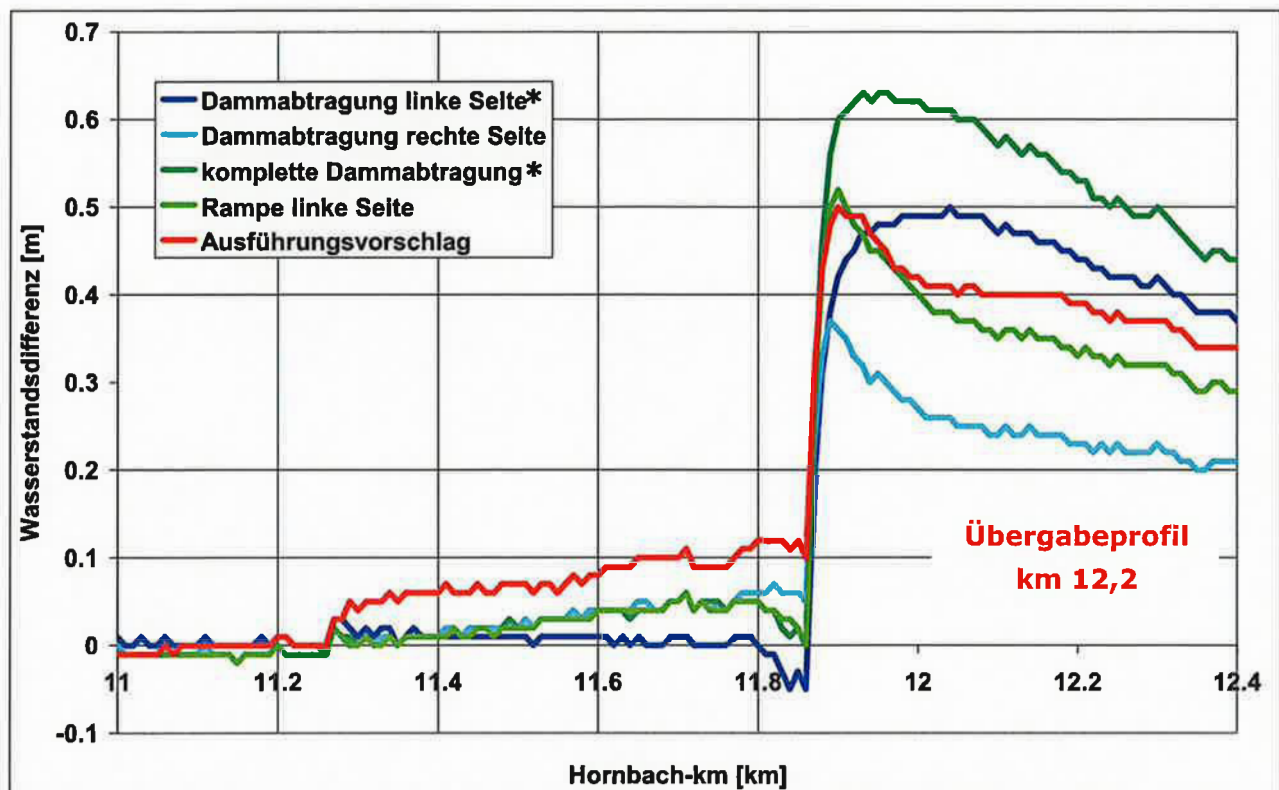


Abb. B 5.20: Längsschnitte der Wasserspiegeldifferenzen in Flussmitte ($Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$)

Bei Umsetzung aller genannten Maßnahmen beträgt die Absenkung an km 12,2 $\Delta y = -0,39 \text{ m}$ (Abb. B 5.20). Im Brückenquerschnitt bleiben Strömungsspitzen von über $v = 2 \text{ m/s}$ bestehen. Durch die Führung der Strömung über das rechte Vorland bis unterstrom der Querung am Unterbeiwälder Hof werden auch die Wasserstände an der Zinselstraße lokal um max. ca. $\Delta y = -0,12 \text{ m}$ verringert. Die Darstellung der Wasserstände bzw. Differenzen zum IST-Zustand in Längsprofilen aller Varianten findet sich in Abb. B 5.19 und Abb. B 5.20.

6 Untersuchungen zur Retentionsrückgewinnung

Die untersuchten wasserbaulichen Maßnahmen zur Verminderung des Rückstauinflusses durch die Radwegbrücke sowie die Schutzmaßnahmen innerhalb der Ortslage [1] beeinflussen die Wasserstände in der Ortslage Hornbach und führen zu Verlusten an Retentionsvolumen. Zur Gewährleistung der Hochwasserneutralität soll dieses Volumen an anderer Stelle bis oberstrom des Ortseingangs Althornbach wiedergewonnen werden. Hierfür wurden zwei Standorte untersucht.

Die modelltechnischen Analysen ergaben einen Verlust an Retentionsvolumen durch die Wasserspiegelabsenkung des Ausführungsvorschlags (Variante 5) und Maßnahmen innerhalb der Ortslage Hornbach [1] von insgesamt ca. 80.000 m³.

6.1 Retentionsrückgewinnung oberstrom Althornbach

Im Modell „Althornbach – Hornbach“ (Abb. B 2.1) wurde ein Querriegel von ca. 100 m Länge im Vorland an Hornbach-km 8,5 im Modell implementiert. Untersucht wurde zum einen eine Ausführung als überströmbarer Querriegel mit der Höhe $y = 231,5$ m_{üNN}, zum anderen als nicht überströmbarer Querriegel zu $y = 233,0$ m_{üNN}.

Abb. B 6.1 zeigt die veränderten Wasserspiegellängsschnitte. Eine deutliche Wasserspiegelanhebung entwickelt sich hierbei erst bei der nicht überströmbaren Variante. Der Rückstau einfluss wirkt sich bis Hornbach-km 10,8 aus, so dass der Unterbeiwälder Hof hiervon nicht betroffen ist. Durch Vergleich des DGM mit den errechneten Wasserständen ergibt sich hierbei ein zusätzlich eingestautes Volumen von ca. 20.000 m³.

Abb. B 6.2 zeigt für den Fall eines nicht überströmbar Riegels eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten am Kopf des Dammes von ca. $v = 0,6$ m/s im IST-Zustand auf max. ca. $v = 1,5$ m/s.

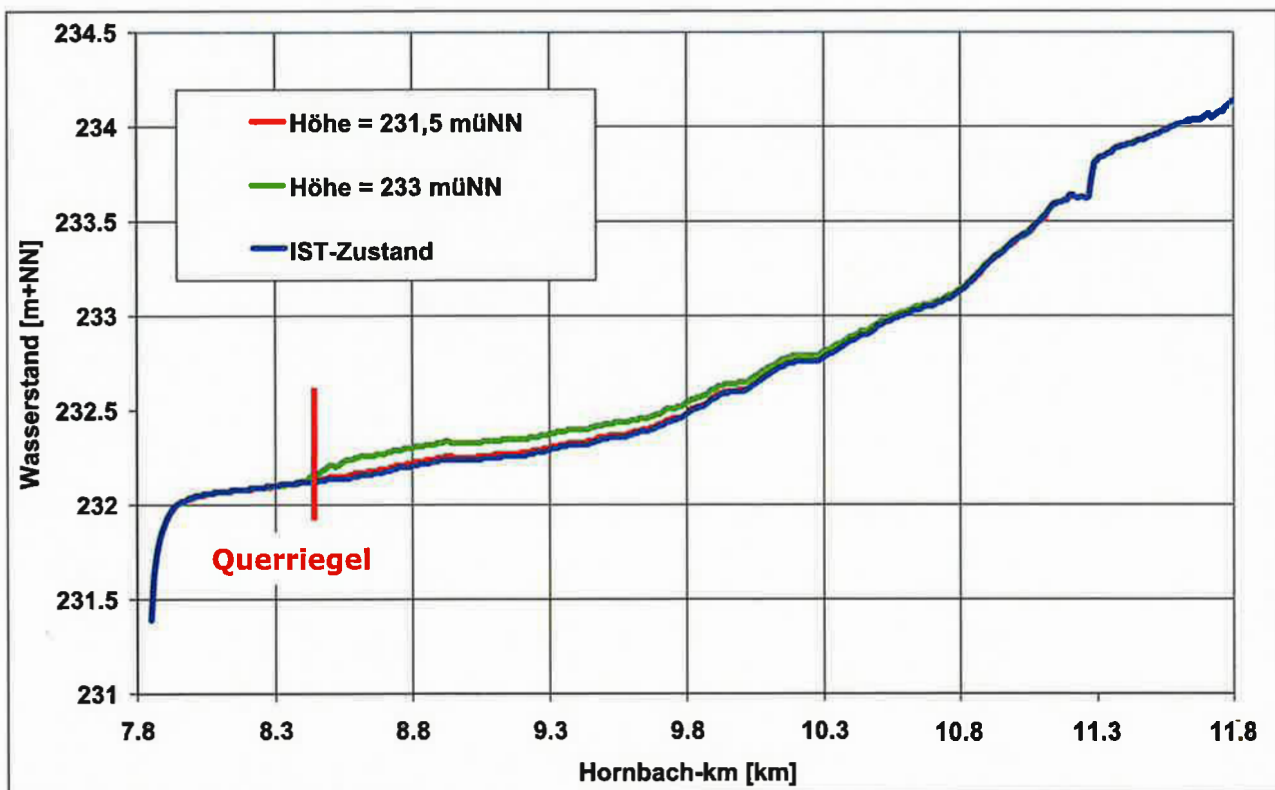


Abb. B 6.1: Wasserspiegellängsschnitt im IST-Zustand und bei Querriegel an km 8,5 ($Q = 185$ m³/s)

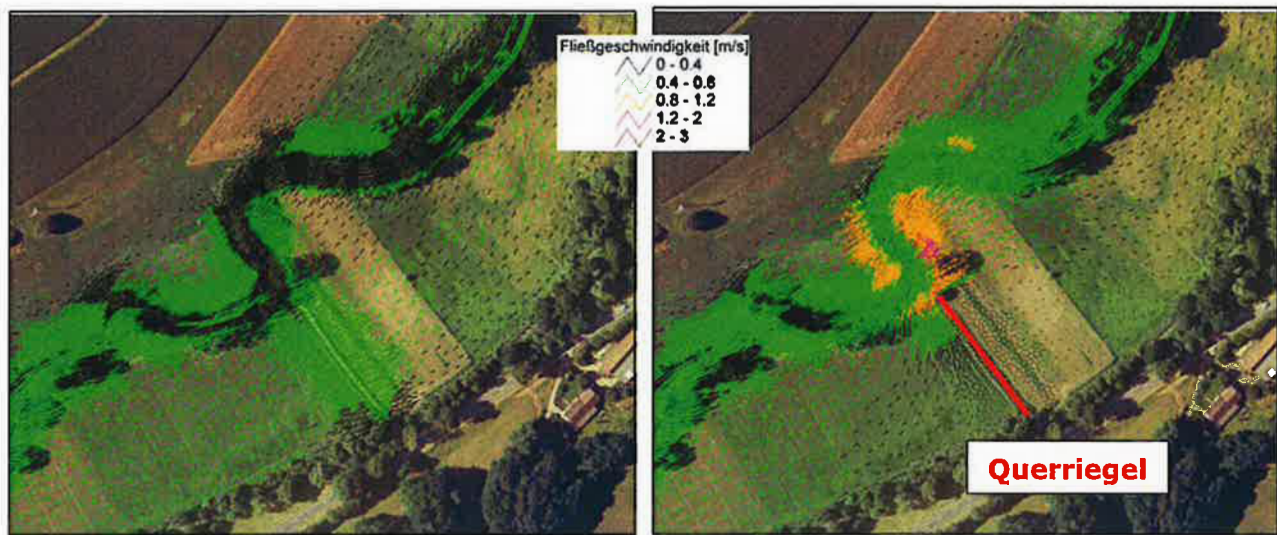


Abb. B 6.2: Fließgeschwindigkeiten an Hornbach-km 8,5 (links: IST-Zustand; rechts: nicht überströmter Querriegel) ($Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$)

6.2 Retentionsrückgewinnung oberstrom Dietrichingen („Querung K13“)

Als weiterer Standort wurde in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber das Gebiet oberstrom von Dietrichingen an der Straßenquerung der K13 (Hornbach-km 20,41) erkundet. Der Standort erwies sich für einen Volumenausgleich geeignet, da eine Marke für das Hochwasser von 1993 einen Freibord bis Höhe Straßenbelag von ca. 90 cm zeigte und hier lediglich Eingriffe am Brückendurchlass und gegebenenfalls eine Anpassung der linksseitigen Straßenhöhe durchzuführen wären.

Hierfür wurde ein zusätzliches 2D-HN-Modell des Hornbach von km 20,04 bis km 22,54 mit ca. 37.000 Gitterzellen erstellt (Abb. B 6.3). Als Datengrundlage standen wie im Modell „Althornbach – Hornbach“ das DGM einer Laser-Scanner-Befliegung sowie Querprofile des Hornbach zur Verfügung, die in das DGM eingearbeitet wurden (siehe Kapitel 3.3).

Zudem konnte eine Fixierung des Hochwassers 1993 an der Querung der K 13 mit einer Höhe von 241,04 m_{üNN} zur Definition der unteren Randbedingung (UR) genutzt werden. Die Rauheitsbeiwerte wurden in Abhängigkeit der Oberflächencharakteristik der Fluss-Vorland-Strecke definiert. Der Abfluss wurde entsprechend Kapitel 4 zu $Q_{\text{HW93}} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ festgelegt.

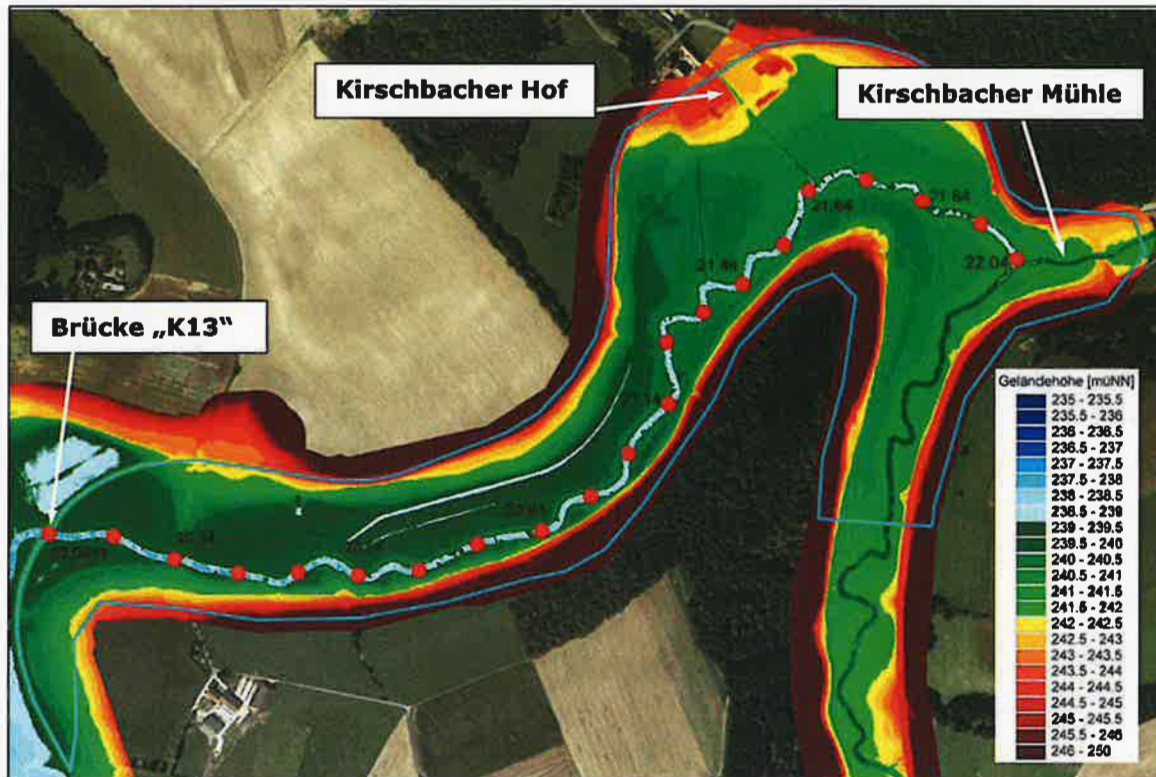


Abb. B 6.3: Modellgebiet „Querung K13“ oberstrom Dietrichingen (Umrandung hellblau)

Ausgehend von der Hochwasserfixierung ($y = 241,04$ müNN) wurde der Wasserstand am Durchlass um jeweils $\Delta y = 0,1$ m auf maximal $y = 241,54$ müNN angehoben. Aus der Analyse des durch die Wasserspiegelanhebung verursachten Rückstau effekts konnte das jeweilige zusätzliche Retentionsvolumen berechnet werden.

Die Auswertung der Wasserspiegellängsschnitte in Differenzendarstellung (Abb. B 6.4) zeigt, dass sich auch die Wasserstände im Bereich der Kirschbacher Mühle und des Kirschbacher Hofes durch diese Änderung des Rückstau einflusses der Brücke ändern. Die Stauwurzel liegt noch oberstrom der Mündung des Kirschbaches.

Es ergibt sich durch die Erhöhungen der unteren Randbedingung um $\Delta y = 0,1$ m ein zusätzliches Retentionsvolumen von 18.000 m^3 , bei Erhöhungen um $\Delta y = 0,5$ m von 100.000 m^3 . Diese Erhöhung erzeugt Anhebungen der Wasserstände am Kirschbacher Hof von $\Delta y = 0,03$ m bis $0,2$ m sowie an der Kirschbacher Mühle von $\Delta y = 0,01$ m bis $0,14$ m (Tab. B 6.1).

Die technische Ausführung zur Umsetzung einer derartigen Maßnahme war nicht Gegenstand dieser Voruntersuchung und ist im Rahmen einer Detailplanung zu erarbeiten.

Höherstau bei km 20,04 (Brücke) [müNN]	Rückstau einfluss bei km 21,68 (Hof) [m]	Rückstau einfluss bei km 22,08 (Mühle) [m]	Zusätzliches Retentionsvolumen ΔV [m ³]
241,04	0	0	0
241,14	0,03	0,01	18.000
241,24	0,07	0,04	36.900
241,34	0,11	0,07	56.500
241,44	0,15	0,10	79.000
241,54	0,20	0,14	102.500

Tab. B 6.1: Volumenberechnung und Wasserspiegelanhebung der Anlieger

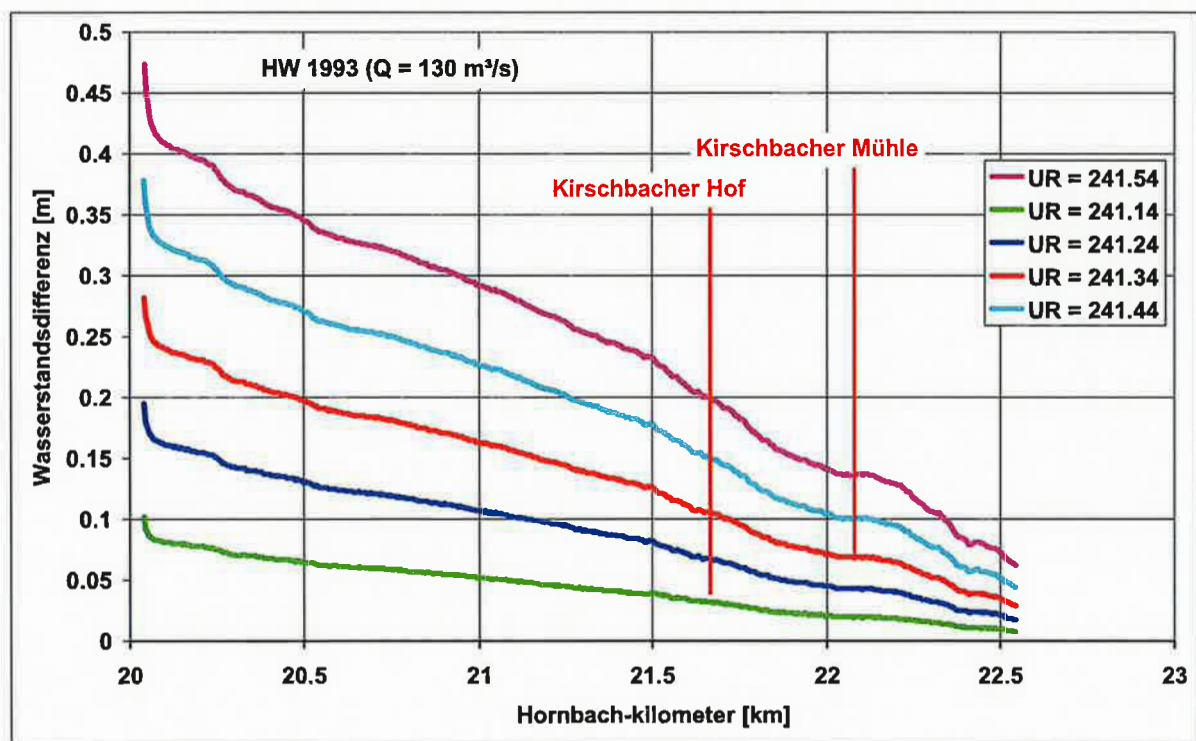


Abb. B 6.4: Wasserspiegeldifferenzen durch Höherstau an der Querung K13 im Vergleich zum IST-Zustand (UR = Höhe der unteren Randbedingung [müNN])

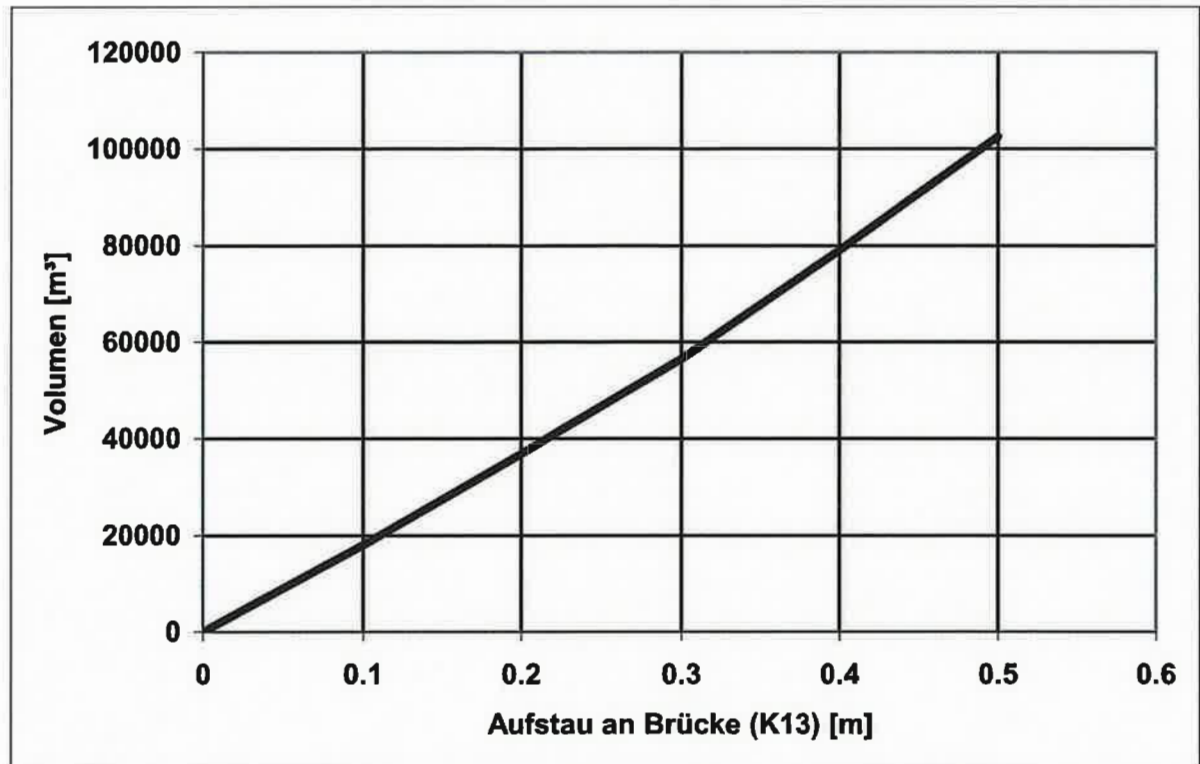


Abb. B 6.5: Zuwachs an Retentionsvolumen in Abhängigkeit des Aufstaus an der K13

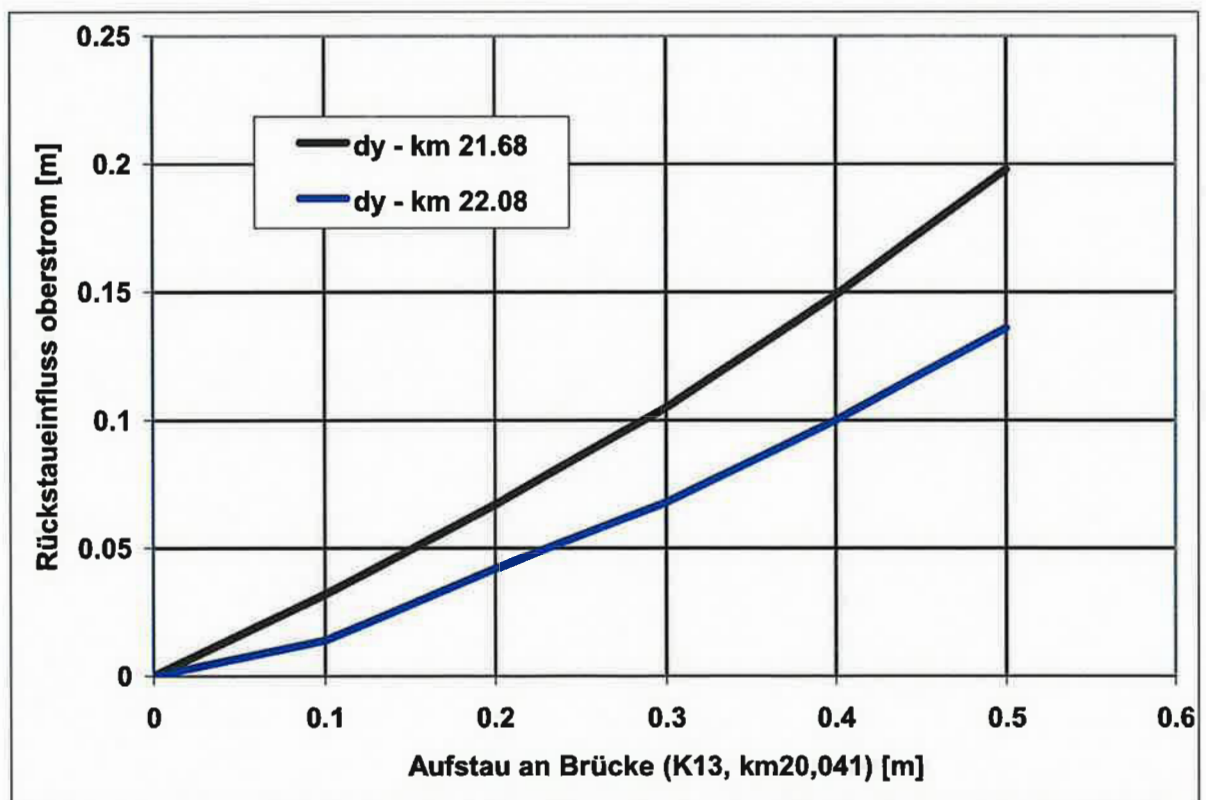


Abb. B 6.6: Rückstau effekte bei km 21,68 bzw. 22,08 in Abhängigkeit des Aufstaus an der K13



Integriertes Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach/Pfalz

Zusammenfassung

Auftraggeber:

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (LUWG)

Rheinland-Pfalz

Karlsruhe, Juli 2007

Prof. Dr.-Ing. Franz Nestmann

Zusammenfassung

Die Stadt Hornbach, am Zusammenfluss von Schwalb und Hornbach gelegen, hat immer wieder mit Überschwemmungen durch Hochwasser zu kämpfen. Zur Untersuchung der Hochwassersituation und zur Entwicklung von Gegenmaßnahmen in Hornbach wurde am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) ein physikalischer Modellversuch (siehe Bericht Teil A) durchgeführt.

Im Rahmen der Eichung des physikalischen Modells stellte sich heraus, dass die Hochwasserstände innerhalb der Ortslage signifikant durch Rückstau einfluss von unterstrom des Untersuchungsgebietes beeinflusst sind. Aus diesem Grund wurde zusätzlich ein hydrodynamisch-numerisches (2D-HN) Modell (siehe Bericht Teil B) erstellt, welches diesen Bereich abdeckt.

Teil A: Physikalisches wasserbauliches Modell

Das physikalische Modell wurde im Maßstab 1:40 erstellt. Es ist eine geometrisch ähnliche Nachbildung der vom Hochwasser betroffenen Bereiche der Stadt Hornbach.

Anhand dieses Modells wurde das Verhalten des Hochwassers mittels Wasserspiegelmessungen und Strömungsanalysen eingehend untersucht. Auf diese Weise wurden hydraulisch ungünstige Stellen lokalisiert und Maßnahmen entwickelt, um deren Rückstauwirkung zu vermindern und so eine Wasserspiegelabsenkung im Bereich der Stadt herbeizuführen. Diese Maßnahmen wurden auf das physikalische Modell angewendet und qualitativ und quantitativ untersucht.

Bei den durchgeführten Maßnahmen handelt es sich

- um eine strömungsgünstigere Ausführung der Mündung der Schwalb in den Hornbach und eine Erweiterung der Flutmulde an der Kläranlage,
- um eine strömungsgünstigere Ausführung der Rückmündung des Ausleitungskanals und
- um die Querschnittsaufweitung des Hornbaches im Bereich der Lagerhalle Gutbrod sowie
- eine Verbesserung der An- und Abströmsituation der Brücke Lauerstraße und Erweiterung der Flutmulde im Staubereich der Brücke.

Darüber hinaus wurde untersucht, wie sich die Öffnung des 2. Kraftwerksleerschusses und eine Verklauung der Brücke Lauerstraße auf den Wasserspiegel in der Stadt Hornbach auswirken.

Zur Darstellung des durch die Maßnahmen in der Stadt und unterstrom der Stadt (siehe Bericht Teil B) erlangten Wasserspiegels wurde eine Karte mit den Überflutungsflächen und den Wassertiefen erstellt. Es wurde untersucht, an welchen Stellen das Wasser bei steigendem Wasserspiegel beginnt in die Stadt einzuströmen.

Alle Untersuchungen am physikalischen Modell wurden mit dem Bemessungsdurchfluss (Winterhochwasser 1993) durchgeführt und bei allen Untersuchungen wurde die Wasserspiegelabsenkung durch die Verminderung des Rückstaus von unterstrom der Stadt (siehe Bericht Teil B) berücksichtigt.

Teil B: 2D-HN-Modell

Das numerische Modell erstreckt sich von oberstrom Althornbach (Brücke „Am Bahnhof“, Hornbach-km 7,85) bis in die Ortslage Hornbach (Hornbach-km 12,8). Die Kalibrierung der 2D-HN-Modelle sowie die hydraulische Beurteilung der Maßnahmen beziehen sich auf das Hochwasserereignis aus dem Jahr 1993 (Bemessungsabfluss).

Im Rahmen der Untersuchung wurde ersichtlich, dass die Radwegbrücke an Hornbach-km 11,9 im Hochwasserfall einen signifikanten Aufstau nach oberstrom verursacht und somit hier ein hohes Potential für Wasserspiegelabsenkungen nutzbar gemacht werden kann. Dementsprechend wurde ein Variantenstudium möglicher Umbauten insbesondere auf den Bereich des Radwegdammes konzentriert. Insgesamt wurden fünf verschiedene Varianten untersucht. Für den Ausführungsvorschlag (Variante 5) ergab sich eine Reduktion des Wasserstandes bezogen auf den Bemessungsabfluss ($Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$) von ca. $\Delta y = -0,39 \text{ m}$ bei km 12,2 (Übergabeprofil physikalisches Modell).

Das Zusammenwirken der unterschiedlichen Maßnahmen in Hornbach (physikalische Modellierung) und unterstrom Hornbach (Ausführungsvorschlag numerische Analyse) hat bezogen auf das Bemessungsereignis einen Verlust an Retentionsvolumen von $\Delta V = 80.000 \text{ m}^3$ zur Folge.

Zur Gewährleistung der Hochwasserneutralität wurden zwei Standorte für den Retentionsausgleich identifiziert und analysiert (Bereich oberstrom km 7,8 ; Bereich oberstrom 20,04). Es zeigte sich, dass hierbei ein zusätzliches Volumen von $V > 100.000 \text{ m}^3$ aktiviert werden kann.

Synthese aus Teil A und Teil B - Maßnahmengrundlage

Zusammenfassend stellen die im Bericht dargestellten Untersuchungsergebnisse die Basis für einen verbesserten Hochwasserschutz der Stadt Hornbach dar. Für ein Abflussereignis ähnlich dem Hochwasser 1993 können folgende Aussagen gemacht werden:

- Durch die im wasserbaulichen Modell erarbeiteten Umgestaltungsmaßnahmen wird in Hornbach die Wasserführung und somit der Fließvorgang an sich optimiert. Dadurch konnten die hydraulische Leistungsfähigkeit des Hornbaches und der Schwalb lokal verbessert werden. Dies allein bewirkt jedoch noch keine signifikante Absenkung der Wasserspiegellagen in Ortsmitte und reicht für eine Verbesserung des HW-Schutzes der Stadt Hornbach nicht aus.

- Die Untersuchung am wasserbaulichen Modell hat zudem gezeigt, dass durch die Gegebenheiten im Bereich des alten Bahndammes bzw. der Radwegbrücke unterhalb vom Zusammenfluss des Hornbaches mit der Schwalb bei Hochwässern einen Rückstau nach Oberstrom bewirkt wird.
- Durch die im hydrodynamisch-numerischen Modell erarbeitete Umgestaltung des Bereiches zwischen dem alten Bahndamm (Radwegbrücke) und der Brücke beim Unterbeiwalder Hof wird oberhalb der Radwegbrücke eine Wasserstandsabsenkung von knapp 40 cm erreicht. Der Rückstau nach Hornbach kann dadurch deutlich reduziert werden.

Die Kombination aller Maßnahmen miteinander führt für ein HW-Ereignis wie jenes im Jahr 1993 letztendlich zu einer Senkung der Hochwasserstände in Hornbach von 40 cm (im Bereich der Kläranlage) bis 45 cm (im Bereich oberhalb des Wasserkraftwerkes) relativ zum jetzigen Zustand.

Die Wirkung der Maßnahmen setzt bereits bei kleineren Hochwässern ein – hier wirken dann vor allem die Umbauten der Gewässerläufe in Hornbach.

Mit der erarbeiteten Wasserstandskarte (Abbildung A 3.27) wird es möglich, z.B. durch den Bau einzelner ufernaher Verwallungen die komplette Hochwasserfreilegung der Innenstadt für ein Abflussereignis ähnlich dem HW 1993 zu bemessen: Die Höhe der notwendigen Maßnahmen kann für die jeweiligen Örtlichkeiten der o.g. Abbildung entnommen werden. Für die Auswahl der Lage sollten zusätzlich die in Kap. 3.8 erläuterten Einströmverhältnisse berücksichtigt werden.

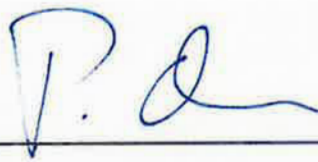
Karlsruhe, Juli 2007



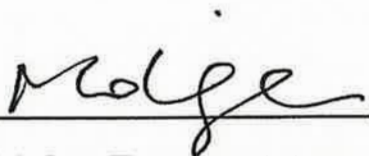
Prof. Dr.-Ing. Franz Nestmann



Dr.-Ing. Boris Lehmann



Dr.-Ing. Peter Oberle



Dipl.-Ing. Thomas Mohringer



Dipl.-Ing. Clemens Stelzer



**Begleitende Untersuchungen unter Anwendung
zweidimensionaler numerischer Simulation
zur Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen
der Stadt Hornbach und der Gemeinde Althornbach (Pfalz)**

Zwischenbericht

Stand: November 2008

Auftraggeber:

Kreisverwaltung Südwestpfalz

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Clemens Stelzer

Dipl.-Ing. Dennis Harlacher

Dr.-Ing. Peter Oberle

1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) wurden im Auftrag des Landes Rheinland-Pfalz gesonderte Untersuchungen zur Ausarbeitung der Hochwasserschutzkonzepte für Hornbach und Althornbach durchgeführt. Hierfür wurden unter anderem zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Modelle (2D-HN-Modelle) erstellt und kalibriert. Diese dienten der Überprüfung, inwieweit durch Maßnahmen die Hochwasserstände im Bereich der Ortslagen reduziert werden können. Mit Hilfe der Ergebnisse der Variantenstudien wurden Ausführungsvorschläge in Zusammenarbeit mit der jeweiligen Arbeitsgruppe erarbeitet. Das Hochwasserschutzkonzept für Hornbach bezieht sich auf den Bemessungsabfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ (HW1993). Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden sich in dem Bericht der abgeschlossenen Untersuchung „Integriertes Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach / Pfalz“ des IWG [1]. Die Erarbeitung des Hochwasserschutzkonzeptes für Althornbach ist derzeit noch in Bearbeitung und bezieht sich vor dem Hintergrund des Kosten-Nutzen-Verhältnisses nach derzeitigem Stand auf den Bemessungsabfluss $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die untersuchten wasserbaulichen Maßnahmen beeinflussen die Wasserstände in den Ortslagen und führen zu Verlusten an Retentionsvolumina. Zur Gewährleistung der Hochwasserneutralität sollen diese Volumina an anderer Stelle ausgeglichen werden. Zu diesem Zweck wurde für das Gebiet des Hornbachs oberstrom der Querung der K13 bei Dietrichingen untersucht, ob durch Verstärkung des Rückstauinflusses am Durchlass der K13 zusätzliches Retentionsvolumen zurückgehalten werden kann. Für die Bestimmung der Rückstauhöhe und der entsprechenden Retentionsvolumina wurde wiederum ein 2D-HN-Modell dieses Flussabschnitts erstellt [1]. Die Analyse zeigte, dass in Abhängigkeit des Höherstaus zusätzliche Retentionsvolumina innerhalb dieses Gebietes gewonnen werden können. Der Retentionsausgleich bezog sich für den Abfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ auf die Maßnahmen in Hornbach. Diese Ergebnisse aus [1] werden in Kapitel 3.1 zusammengefasst dargestellt.

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung war die Bestimmung des Verlustes von Retentionsvolumen im Bereich Hornbach für den Abfluss $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie die Analyse des Retentionsausgleichs im Gebiet an der K13 bei Dietrichingen für diesen Abfluss. Der Retentionsausgleich bezieht sich für diesen Fall auf die Maßnahmen in Hornbach und in Althornbach. Bezüglich des Retentionsverlustes in Althornbach für $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ kann auf den Sachstandsprotokoll der Arbeitsgruppe Althornbach vom 23.10.08 zurückgegriffen werden [2].

2 Modellgrundlagen

Die Untersuchung wurde analog zu der bisherigen Beauftragung mit dem 2D-HN-Verfahren FLUMEN durchgeführt. Eine Programmbeschreibung findet sich in [1].

3 Ermittlung und Bewertung der Retentionsvolumina

3.1 Bemessungsabfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zusammenfassung der Ergebnisse aus [1])

Ein Ausgleich an Retentionsvolumen bezieht sich für diesen Abfluss auf das Gebiet Hornbach. Abschätzungen mit Vergleichen zwischen DGM und Wasserspiegellagen ergaben für den Bemessungsabfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ einen Verlust an Retentionsvolumen von insgesamt ca. 80.000 m^3 im Bereich Hornbach.

Das Untersuchungsgebiet bei Dietrichingen liegt oberstrom der Schwalbmündung in Hornbach. Aus diesem Grunde reduziert sich hier der Bemessungsabfluss auf $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ (Vorgabe Auftraggeber). Für diese Untersuchung wurde im numerischen Modell oberstrom der Querung der K13 bei Dietrichingen der Wasserstand der unteren Randbedingung ausgehend von der gegebenen Hochwasserfixierung 1993 mit $y = 241,04 \text{ m} \text{üNN}$ jeweils um $\Delta y = 0,1 \text{ m}$ bis maximal $\Delta y = 0,5 \text{ m}$ angehoben und die daraus resultierenden Retentionsvolumina berechnet (siehe Abbildung 3-1). Demnach ist für diesen Abfluss der geforderte Rückhalt von ca. 80.000 m^3 bei einem zusätzlichen Aufstau an der K13 von ca. $\Delta y = 0,4 \text{ m}$ möglich. Ein Längsschnitt der Wasserstandsdimensionen mit Markierung der Standorte Kirschbacher Hof und Kirschbacher Mühle zeigt Abbildung 3-2. Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden sich ebenfalls in [1].

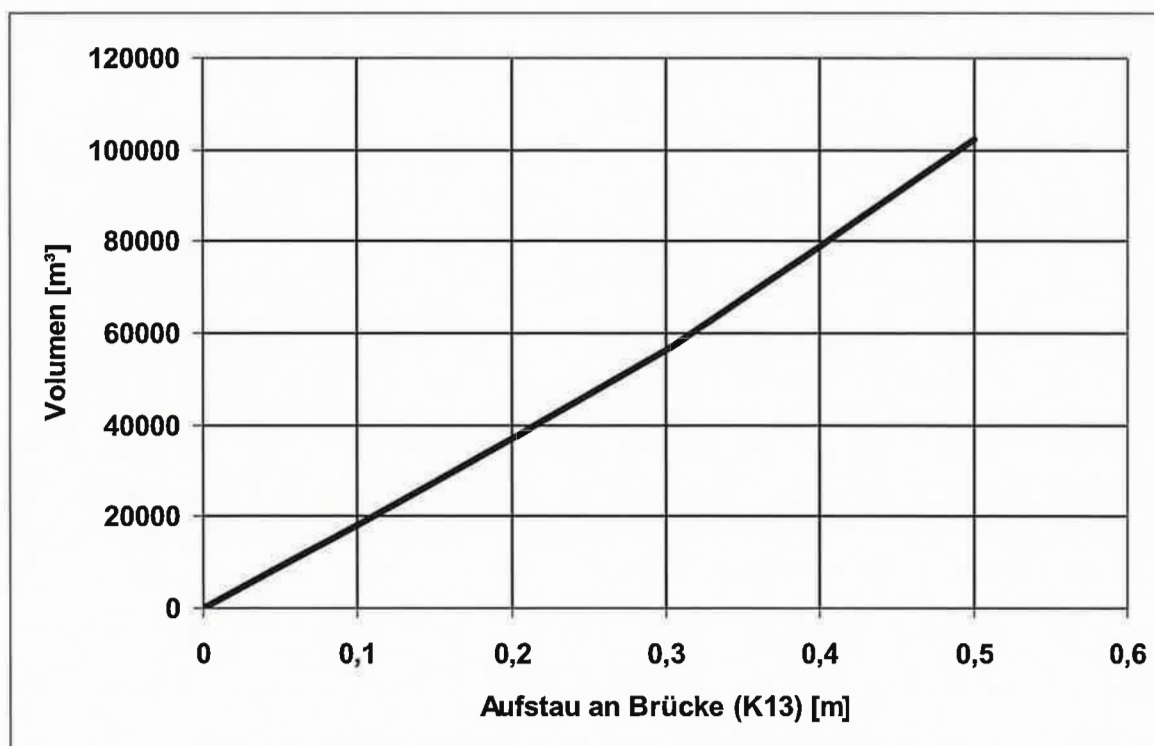


Abbildung 3-1: Zuwachs an Retentionsvolumen in Abhängigkeit des Aufstaus an der K13 bei $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bezugswasserstand Brücke K13: $y = 241,04 \text{ m} \text{üNN}$) [1]

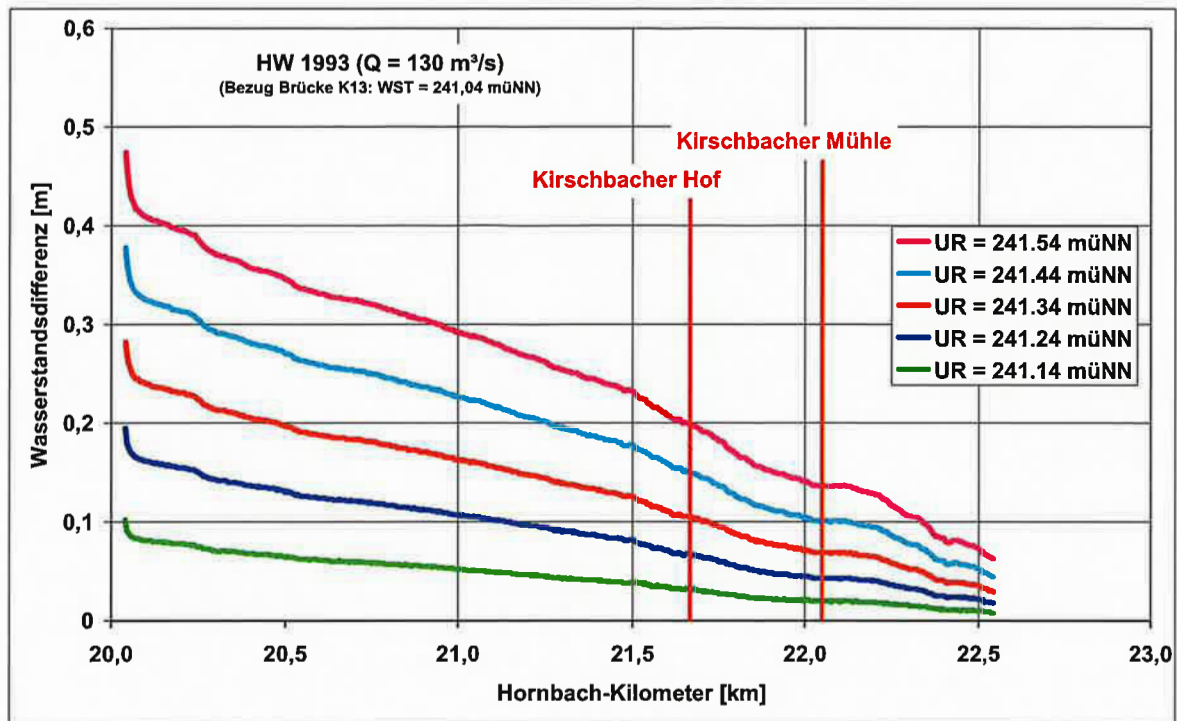


Abbildung 3-2: Wasserspiegeldifferenzen durch Höherstau an der Querung K13 (km 20,041) im Vergleich zum IST-Zustand bei $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ [1]

3.2 Bemessungsabfluss $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$

Für den Bemessungsabfluss $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ soll sowohl der Retentionsverlust von Hornbach als auch von Althornbach ausgeglichen werden. Es ist dementsprechend zu prüfen, ob das Retentionsgebiet oberstrom der K13 bei Dietrichingen hierfür ausreicht.

Für diesen Bemessungsabfluss ergeben Vergleiche zwischen DGM und Wasserspiegellagen für die Ortslage Hornbach einen Verlust an Retentionsvolumen von ca. 45.000 m^3 und in Althornbach von ca. 40.000 m^3 [2]. Der gesamte Retentionsverlust bei einem Abfluss von $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ beläuft sich somit auf ca. 85.000 m^3 .

Das Untersuchungsgebiet bei Dietrichingen liegt oberstrom der Schwalbmündung in Hornbach. Aus diesem Grunde reduziert sich der Bemessungsabfluss auf $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$ (Vorgabe Auftraggeber). Für diese Untersuchung wurde ebenfalls im numerischen Modell oberstrom der Querung der K13 bei Dietrichingen der Wasserstand der unteren Randbedingung ausgehend von dem abgeschätzten Bezugswasserstand von $y = 240,8 \text{ mÜNN}$ jeweils um $\Delta y = 0,2 \text{ m}$ bis zu maximal $\Delta y = 0,6 \text{ m}$ angehoben und die daraus resultierenden Retentionsvolumina bestimmt (siehe Abbildung 3-3). Der Abschätzung des Bezugswasserstandes lagen die Hochwasserfixierung des Ereignisses von 1993 und externe Wasserspiegellagenberechnungen [3] zugrunde. Wie Abbildung 3-3 zeigt, ist für diesen Abfluss der geforderte Rückhalt von ca. 85.000 m^3 bei einem

Aufstau an der K13 von ca. $\Delta y = 0,45$ m möglich. Ein Längsschnitt der Wasserstandsdifferenzen mit Markierung der Standorte Kirschbacher Hof und Kirschbacher Mühle zeigt Abbildung 3-4.

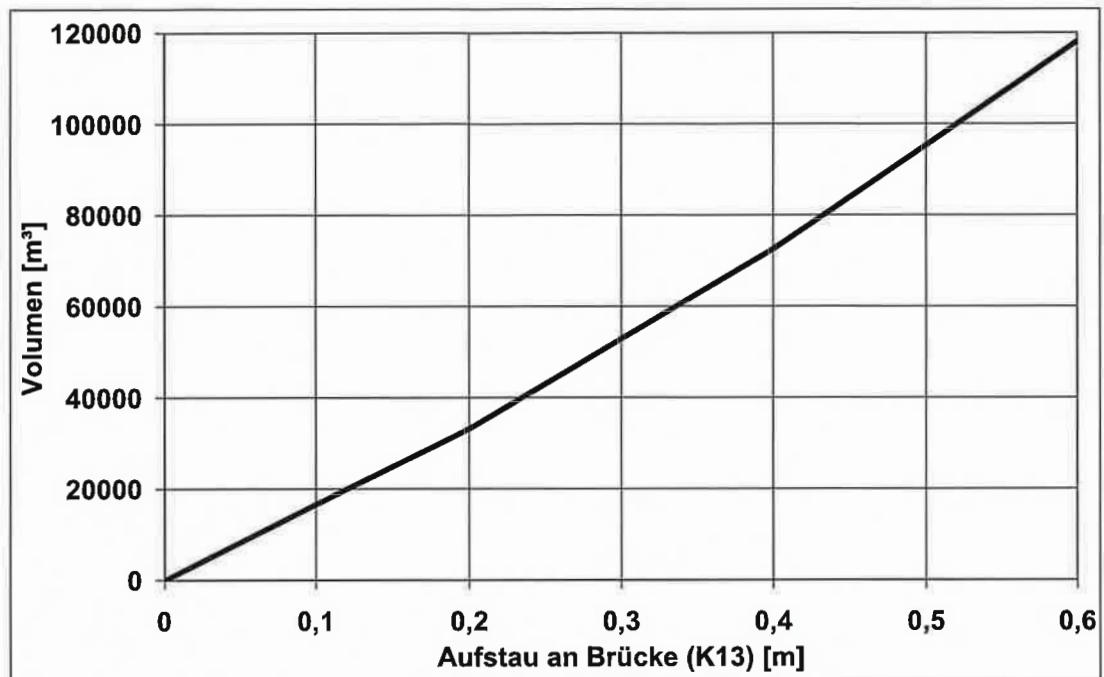


Abbildung 3-3: Zuwachs an Retentionsvolumen in Abhängigkeit des Aufstaus an der K13 bei $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bezugswasserstand Brücke K13: $y = 240,8$ müNN)

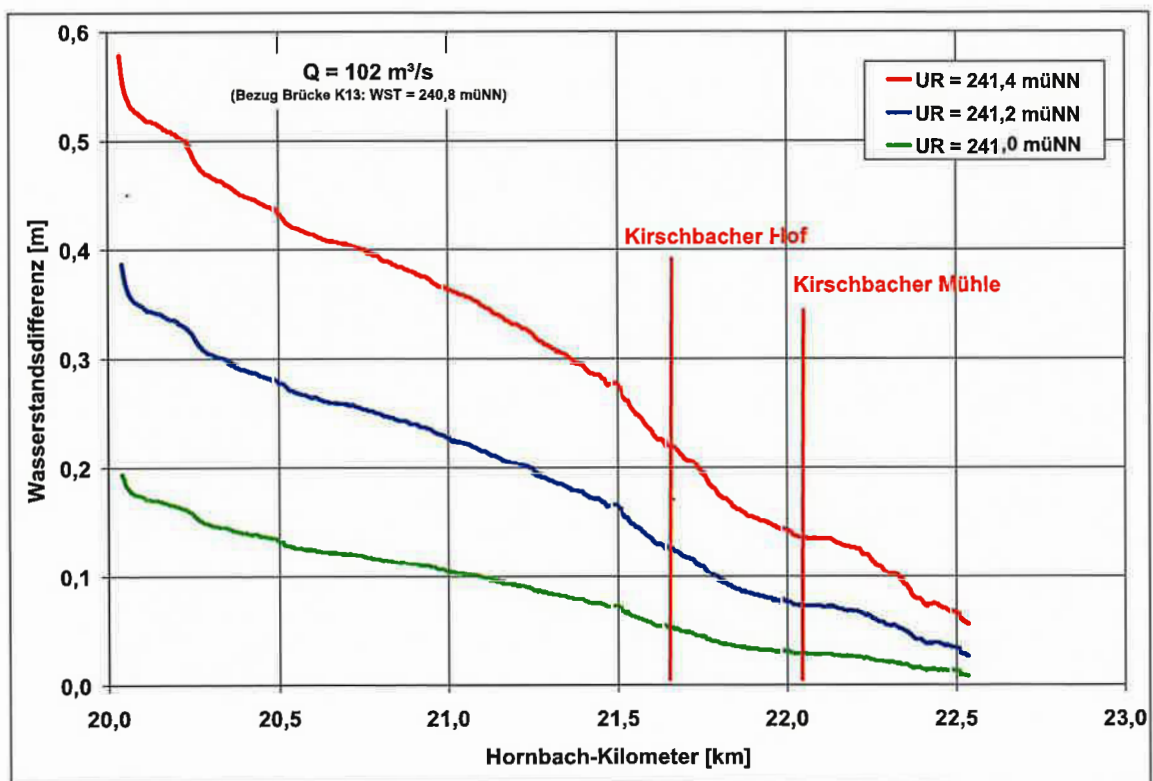


Abbildung 3-4: Wasserspiegeldifferenzen durch Höherstau an der Querung K13 (km 20,041) im Vergleich zum IST-Zustand bei $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$

4 Zusammenfassung

Für die betrachteten Abflüsse $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ und $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ besteht rechnerisch die Möglichkeit, den Retentionsverlust, der durch die geplanten Maßnahmen in Hornbach und Althornbach entsteht, durch Verstärkung des Rückstaeinflusses am Durchlass der K13 bei Dietrichingen auszugleichen. Tabelle 4-1 zeigt die Ergebnisse der Analyse in einer Übersicht.

Abfluss Hornbach nach Schwalbzufluss	Retentionsverlust Maßnahme Hornbach	Retentionsverlust Maßnahme Althornbach	erforderlicher Höherstau K13 zum Volumenausgleich
185 m ³ /s	ca. 80.000 m ³	-	ca. 0,4 m
145 m ³ /s	ca. 45.000 m ³	ca. 40.000 m ³	ca. 0,45 m

Tabelle 4-1: Ergebnisse zum Retentionsvolumenausgleich Hornbach und Althornbach

5 Literatur

- [1] „Integriertes Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach / Pfalz“, IWG, Juli 2007
- [2] Sachstandsprotokoll der Besprechung zu Thema „Hochwasserschutz Althornbach“, Universität Karlsruhe, IWG, 23.10.2008
- [3] „Standortuntersuchungen zur Hochwasserrückhaltung am Hornbach“, IPR, Dezember 2003

Karlsruhe, November 2008

Begleitende Untersuchungen
zur Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen
der Stadt Hornbach und der Gemeinde Althornbach (Pfalz)
- Entwurf -



Auftraggeber:

Kreisverwaltung Südwestpfalz

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Clemens Stelzer

Dr.-Ing. Peter Oberle

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Vorgehensweise	2
2	Modell- und Datengrundlagen	3
3	Ermittlung und Bewertung der Retentionsvolumen.....	3
3.1	Bemessungsabfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zusammenfassung der Ergebnisse aus [1])	3
3.2	Bemessungsabfluss $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$	5
4	Wasserstände charakteristischer Abflüsse im Bereich Hornbach	6
5	Bemessung des Rückstaubauwerks an der Brücke K13.....	7
5.1	Dammerhöhung an der K13	10
5.2	Vorgelagerte Spundwand	11
5.3	Brückeneinengung.....	12
6	Wasserstände charakteristischer Abflüsse im Bereich Dietrichingen	14
7	Zusammenfassung	17
8	Literatur	19

1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) wurden im Auftrag des Landes Rheinland-Pfalz Untersuchungen zur Ausarbeitung der Hochwasserschutzkonzepte für Hornbach und Althornbach durchgeführt. Hierfür wurden unter anderem zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Modelle (2D-HN-Modelle) erstellt und kalibriert. Diese dienten der Überprüfung, inwieweit durch Maßnahmen die Hochwasserstände im Bereich der Ortslagen reduziert werden können. Mit Hilfe der Ergebnisse der Variantenstudien wurden Ausführungsvorschläge in Zusammenarbeit mit der jeweiligen Arbeitsgruppe erarbeitet.

Das Hochwasserschutzkonzept für die Stadt Hornbach bezieht sich auf den Bemessungsabfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ (HW_{1993}). Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden sich in dem Bericht der Untersuchung „Integriertes Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach / Pfalz“ des IWG [1]. Die Erarbeitung des Hochwasserschutzkonzeptes für Althornbach bezieht sich auf einen Bemessungsabfluss von $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ (ca. HQ_{50}). Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden sich in dem Bericht der Untersuchung „Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes der Gemeinde Althornbach/Pfalz“ des IWG [2].

Die untersuchten wasserbaulichen Maßnahmen beeinflussen die Wasserstände in den Ortslagen und führen zu Verlusten an Retentionsvolumen. Zur Gewährleistung der Hochwasserneutralität sollen diese Volumen an anderer Stelle ausgeglichen werden. Zu diesem Zweck wurde für das Gebiet des Hornbachs oberstrom der Querung der K13 bei Dietrichingen untersucht, ob durch Verstärkung des Rückstauinflusses am Durchlass der K13 zusätzliches Retentionsvolumen zurückgehalten werden kann. Für die Bestimmung der Rückstauhöhe und der entsprechenden Retentionsvolumen wurde wiederum ein 2D-HN-Modell dieses Flussabschnitts erstellt [1]. Die Analyse zeigte, dass in Abhängigkeit des Höherstaus zusätzliche Retentionsvolumina innerhalb dieses Gebietes gewonnen werden können. Der Retentionsausgleich bezog sich für den Abfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ auf die Maßnahmen in Hornbach. Diese Ergebnisse aus [1] werden in Kapitel 3.1 zusammengefasst dargestellt. Darauf aufbauend war in der vorliegenden Untersuchung der Verlust von Retentionsvolumen im Bereich Hornbach für den Abfluss $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ zu bestimmen sowie der Retentionsausgleich im Gebiet an der K13 bei Dietrichingen für diesen Abfluss zu analysieren. In diesem Abflussbereich sollten die Retentionsverluste sowohl für den Bereich Hornbach [1] als auch für den Bereich Althornbach [2] kompensiert werden.

Das Volumen für den Retentionsausgleich soll durch eine geeignete konstruktive Ausführung des rückstauenden Bauwerks so aktiviert werden, dass der Retentionsausgleich im oben genannten Abflussspektrum erfolgt. In Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro DILGER sollte ein Konzept entworfen werden, das den Rückstau entsprechend dieser Vorgaben realisiert. Hierfür waren die hydraulische Bemessung des Bauwerks und somit die Vorgaben für dessen Abmessungen und die

Rückstauwirkung nach oberstrom zu ermitteln. Neben den 2D-HN-Modellen kam für diese Untersuchung ein physikalisches Rinnenmodell zum Einsatz.

Schließlich waren im Zuge des Genehmigungsverfahrens und der technischen Umsetzung des Projekts mit dem bestehenden Modell der Ortslage Hornbach und im Bereich Dietrichingen weitere Wasserspiegellagen für Abflüsse unterschiedlicher Jährlichkeiten zu bestimmen. Die Ergebnisse werden dem Ingenieurbüro Dilger zur weiteren Verarbeitung und Darstellung in den Unterlagen des Genehmigungsverfahrens übergeben.

2 Modell- und Datengrundlagen

Für die im Rahmen dieser Untersuchung erforderlichen numerischen Strömungssimulationen wurde analog zu der bisherigen Beauftragung das 2D-HN-Verfahren FLUMEN angewendet. Zur Programmbeschreibung sowie den verwendeten Datengrundlagen wird auf [1] verwiesen.

3 Ermittlung und Bewertung der Retentionsvolumen

3.1 Bemessungsabfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zusammenfassung der Ergebnisse aus [1])

Ein Ausgleich an Retentionsvolumen bezieht sich für diesen Abfluss auf das Gebiet der Stadt Hornbach. Hier ergab der Vergleich zwischen DGM und Wasserspiegellagen (IST-, Planungszustand) für den Bemessungsabfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ bei Realisierung des Hochwasserschutzkonzeptes einen Verlust an Retentionsvolumen von insgesamt ca. 80.000 m^3 .

Als Bemessungsabfluss für den Retentionsausgleich in Dietrichingen wurde seitens des Auftraggebers ein Abfluss von $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ vorgegeben (Abfluss im Hornbach abzüglich Schwalbzufluss). Für diese Untersuchung wurde im numerischen Modell oberstrom der Querung der K13 bei Dietrichingen der Wasserstand der unteren Randbedingung ausgehend von der gegebenen Hochwasserfixierung 1993 mit $y = 241,04 \text{ m üNN}$ jeweils um $\Delta y = 0,1 \text{ m}$ bis maximal $\Delta y = 0,5 \text{ m}$ angehoben und die daraus resultierenden Retentionsvolumen berechnet (siehe Abbildung 3-1). Demnach ist für diesen Abfluss der geforderte Rückhalt von ca. 80.000 m^3 bei einem zusätzlichen Aufstau an der K13 von ca. $\Delta y = 0,4 \text{ m}$ möglich. Ein Längsschnitt der Wasserstandsdimensionen mit Markierung der Standorte Kirschbacher Hof und Kirschbacher Mühle zeigt Abbildung 3-2.

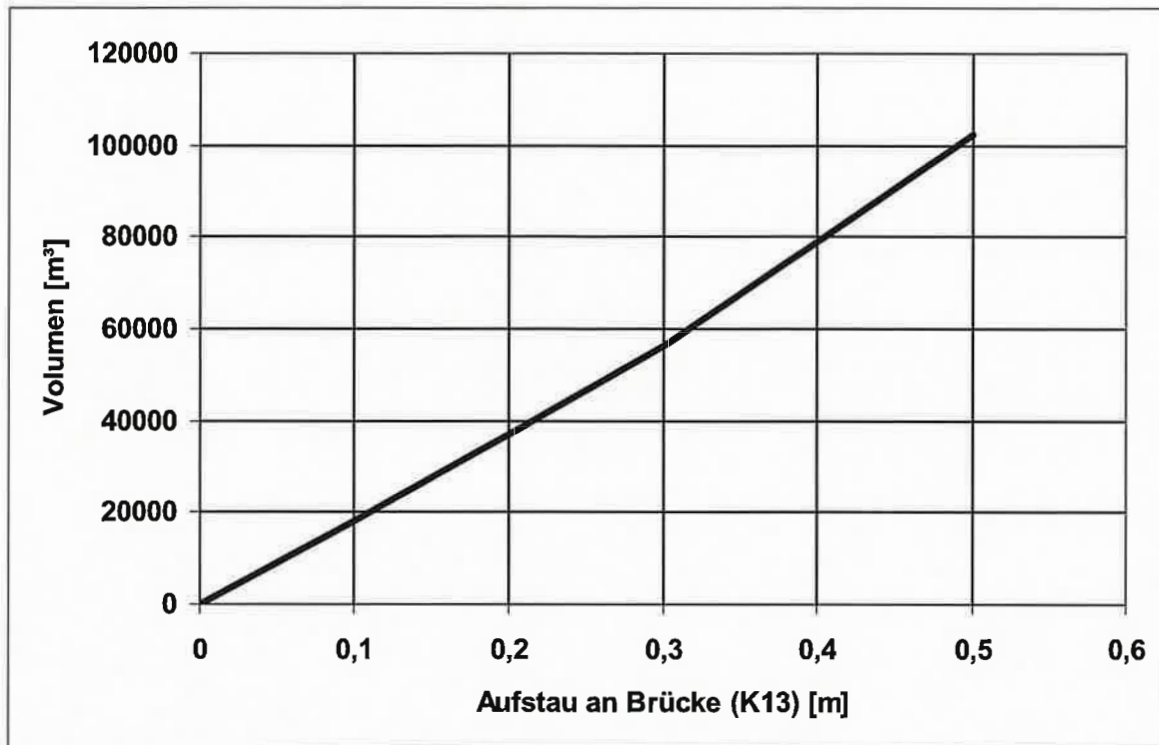


Abbildung 3-1: Zuwachs an Retentionsvolumen in Abhängigkeit des Aufstaus an der K13 bei $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bezugswasserstand Brücke K13: $y = 241,04 \text{ müNN}$) [1]

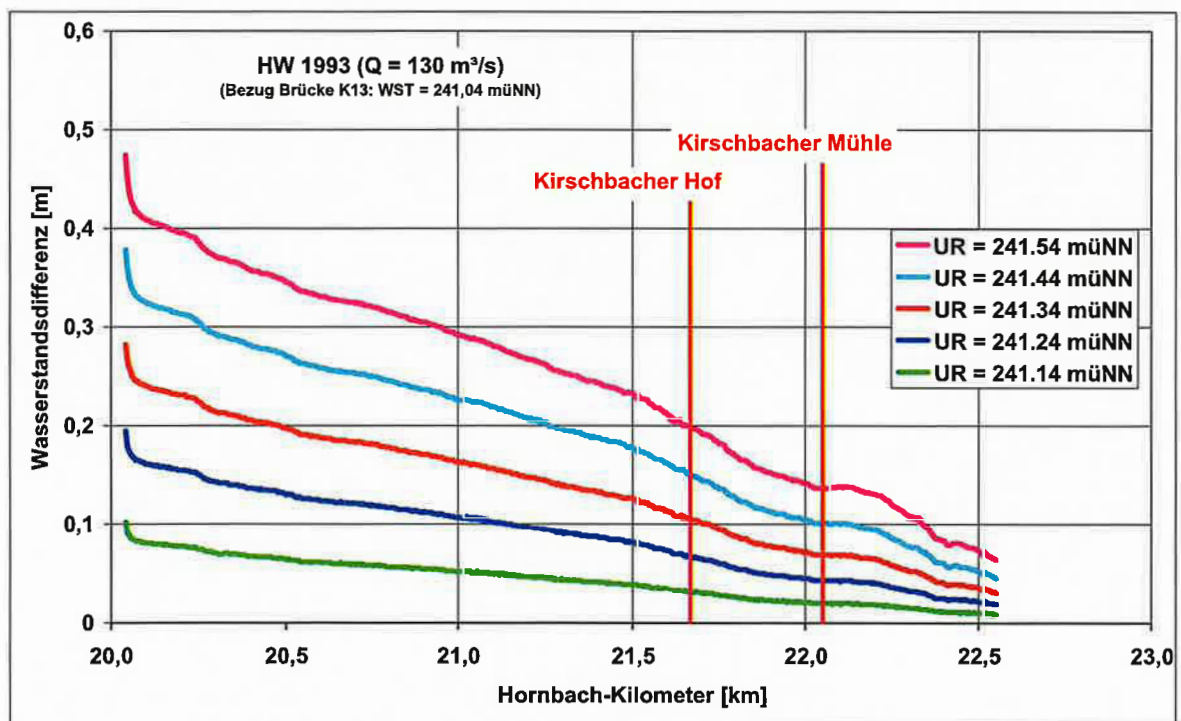


Abbildung 3-2: Wasserspiegeldifferenzen durch Höherstau an der Querung K13 (km 20,041) im Vergleich zum IST-Zustand bei $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ [1]

3.2 Bemessungsabfluss $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$

Für den Bemessungsabfluss $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ soll sowohl der Retentionsverlust von Hornbach als auch von Althornbach ausgeglichen werden. Es war dementsprechend zu prüfen, ob das Retentionsgebiet oberstrom der K13 bei Dietrichingen hierfür ausreicht.

Für diesen Bemessungsabfluss ergaben Vergleiche zwischen DGM und Wasserspiegellagen für die Ortslage Hornbach einen Verlust an Retentionsvolumen von ca. 45.000 m^3 und in Althornbach von ca. 40.000 m^3 [2]. Der gesamte Retentionsverlust bei einem Abfluss von $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ beläuft sich somit auf ca. 85.000 m^3 .

Als Bemessungsabfluss für den Retentionsausgleich in Dietrichingen wurde seitens des Auftraggebers ein Abfluss von $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$ vorgegeben (Abfluss im Hornbach abzüglich Schwalbzufluss). Für diese Untersuchung wurde ebenfalls im numerischen Modell oberstrom der Quering der K13 bei Dietrichingen der Wasserstand der unteren Randbedingung ausgehend von dem abgeschätzten Bezugswasserstand von $y = 240,8 \text{ müNN}$ jeweils um $\Delta y = 0,2 \text{ m}$ bis zu maximal $\Delta y = 0,6 \text{ m}$ angehoben und die daraus resultierenden Retentionsvolumina bestimmt (siehe Abbildung 3-3). Der Abschätzung des Bezugswasserstandes lagen die Hochwasserfixierung des Ereignisses von 1993 und externe Wasserspiegellagenberechnungen [3] zugrunde. Wie Abbildung 3-3 zeigt, ist für diesen Abfluss der geforderte Rückhalt von ca. 85.000 m^3 bei einem Aufstau an der K13 von ca. $\Delta y = 0,45 \text{ m}$ möglich. Ein Längsschnitt der Wasserstands differenzen mit Markierung der Standorte Kirschbacher Hof und Kirschbacher Mühle zeigt Abbildung 3-4.

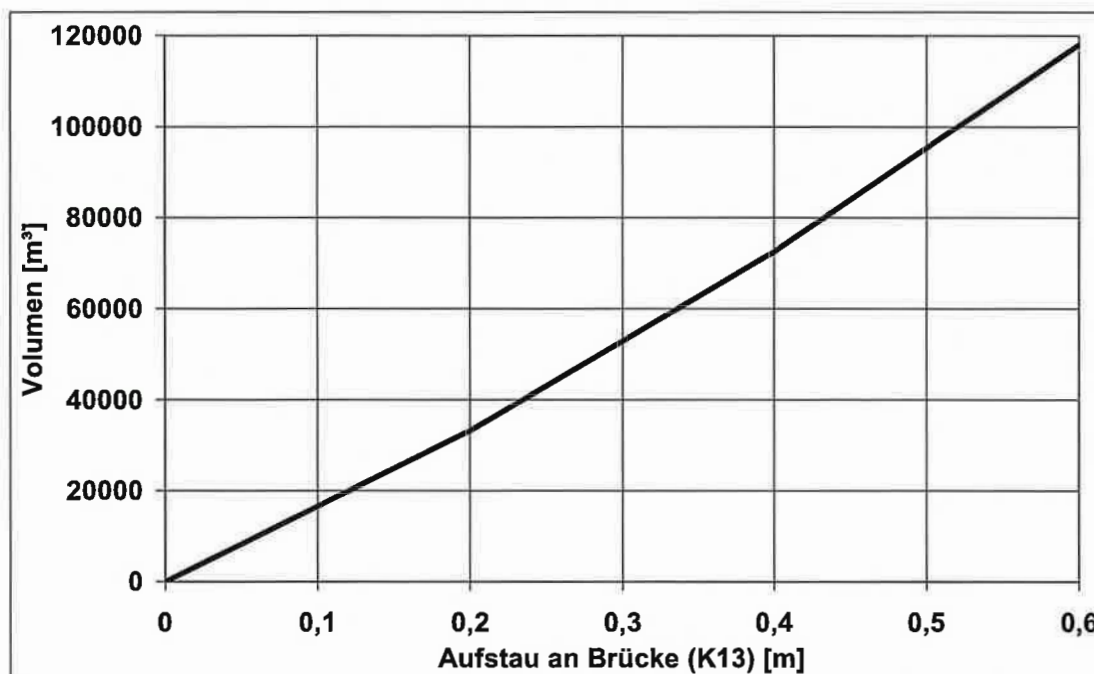


Abbildung 3-3: Zuwachs an Retentionsvolumen in Abhängigkeit des Aufstaus an der K13 bei $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bezugswasserstand Brücke K13: $y = 240,8 \text{ müNN}$)

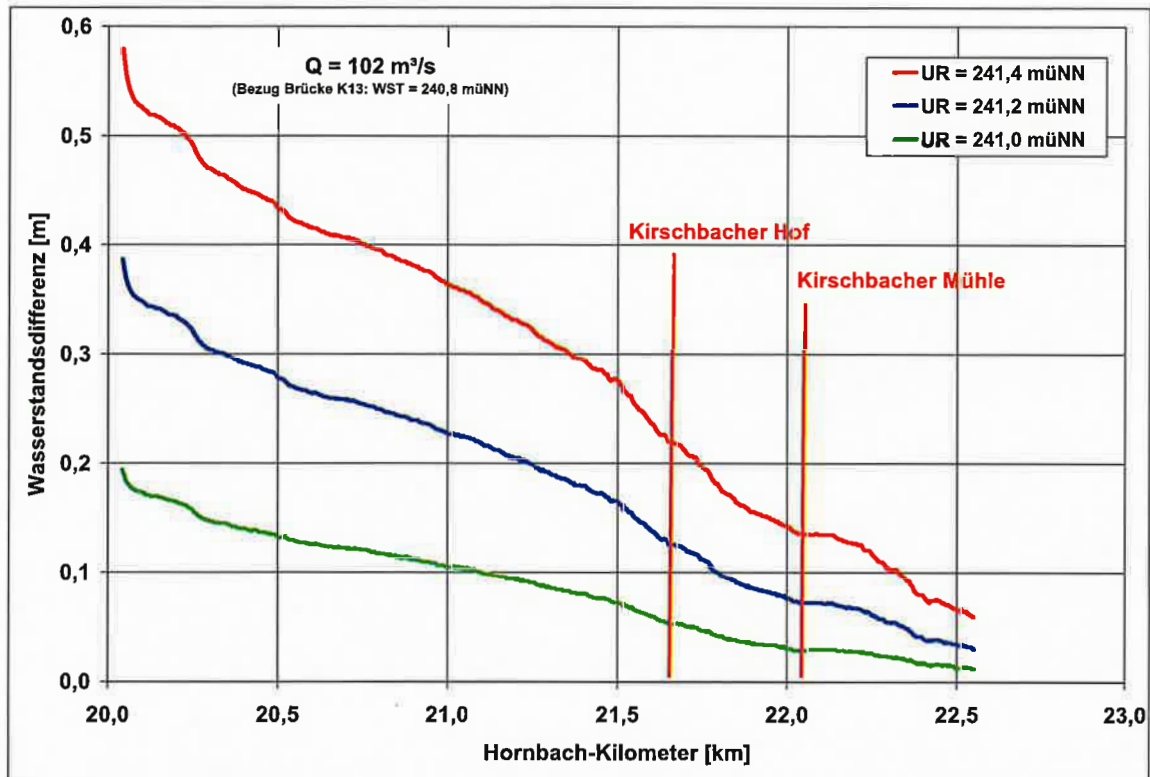


Abbildung 3-4: Wasserspiegeldifferenzen durch Höherstau an der Querung K13 (km 20,041) im Vergleich zum IST-Zustand bei $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$

4 Wasserstände charakteristischer Abflüsse im Bereich Hornbach

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens und der technischen Umsetzung des Projekts waren mit dem bestehenden Modell der Ortslage Hornbach zusätzlich Wasserstände für stationäre Abflusszustände unterschiedlicher Charakteristiken bzw. Jährlichkeiten zu bestimmen. Die Abflusswerte stammen aus Angaben des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (Rheinland-Pfalz). Der Abfluss des Hornbach oberstrom der Schwalbmündung wurde wie in der bisherigen Vorgehensweise auf 70 Prozent des Gesamtabflusses angesetzt.

Die zusätzlich zu untersuchenden charakteristischen Abflüsse bezogen sich auf folgende Abflussereignisse:

Bereich	MQ [m³/s]	HQ1,1 [m³/s]	HQ2 [m³/s]	HQ5 [m³/s]	HW1997 [m³/s]
Abfluss Hornbach (unterstrom Schwalb)	4,7	34	45,8	67,8	125
Abfluss Hornbach (oberstrom Schwalb)	3,3	24	32	47,5	87,5
Abfluss Felsalbe	0,3	4	7	12,5	27,5

Tabelle 4-1: Abflüsse der zusätzlichen charakteristischen Abflussereignisse

Abbildung 4-1 zeigt die Berechnungsergebnisse der Simulation im Längsschnitt des Hornbachs. Zusätzlich wurden die Wasserstände nach Vorgabe des Ingenieurbüros DILGER an ausgewählten Querschnitten aus den flächigen Berechnungsergebnissen abgegriffen und zur Weiterverarbeitung bzw. Darstellung der Maßnahmen im Bereich Hornbach übergeben.

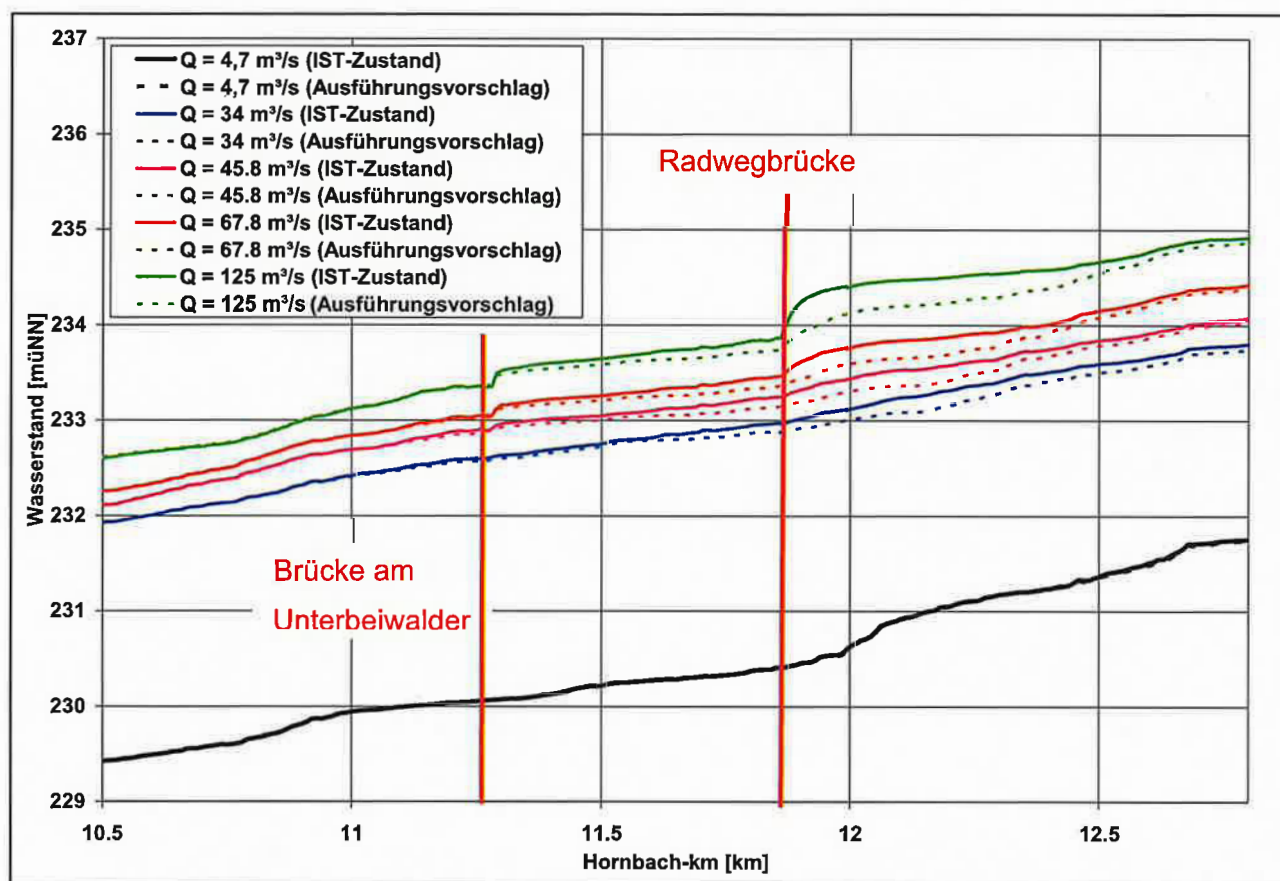


Abbildung 4-1: Wasserspiegellängsschnitte in Flussmitte im Bereich Hornbach

5 Bemessung des Rückstaubauwerks an der Brücke K13

Um zusätzliches Retentionsvolumen oberstrom der K13 bei Dietrichingen sicherzustellen, muss im Bereich der Brücke ein zusätzlicher Rückstau z.B. in Form einer Querschnittseinengung vorgenommen werden. Der Rückstau erzeugt hierbei nach oberstrom bei gleichem Abflussereignis eine Wasserstandserhöhung gegenüber dem IST-Zustand und somit ein Zugewinn an Retentionsvolumen. Die Untersuchung bezieht sich auf folgende Bemessungsabflüsse (siehe Abschnitt 3), wobei die Maßnahmen laut Forderung des Auftraggebers bereits bei einem kleinen Hochwasser wirksam sein sollen:

- $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$ (ca. HQ_{50}) (Bemessung HWS Althornbach, zzgl. Maßnahmen Hornbach)
- $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ (ca. HQ_{130}) (Bemessung HWS Hornbach)

Im Hochwasserfall erfolgt eine Abflusssentlastung über die K13 und insbesondere den südlich angrenzenden Feldweg (siehe Abbildung 5-2). Um die Rückstauhöhe zu gewährleisten, muss eine frühzeitige Überströmung der K13 durch eine geeignete Dammerhöhung verhindert werden. Durch diesen erhöhten Schutz wird zudem erreicht, dass die Straße im Hochwasserfall länger betriebsbereit und nutzbar bleibt.



Abbildung 5-1: Brücke der K13 oberstrom Dietrichingen (Ortsbegehung mit Arbeitsgruppe)

In Abstimmung mit dem Ingenieurbüro DILGER wurden 2 Konzepte des Rückstaubauwerks erarbeitet. Die Prüfung der Umsetzungsfähigkeit und die hydraulische Bemessung ist Gegenstand der vorliegenden Untersuchung. Hierbei wurden 2 grundsätzlich unterschiedliche Modellverfahren eingesetzt:

2D-HN-Modell

Für Abflusszustände im Ausbauzustand, bei welchen es zu einer Überströmung der K13-Quering kommt, nimmt der Einfluss der Durchlassöffnung aufgrund der lang gezogenen Überfallstrecke ab. Zur Untersuchung derartiger Strömungsverhältnisse wurde das bestehende 2D-HN-Modell nach unterstrom erweitert, so dass sowohl die Brückendurchströmung als auch die Strömungsverhältnisse an und über die K13 sowie Rückstaeinflüsse von unterstrom einbezogen werden konnten (siehe Abbildung 5-2). Somit ist für die Bemessung der Maßnahme für Hochwasserereignisse, bei denen sich eine Dammüberströmung einstellt, die Bemessung der Dammhöhe an der K13 die maßgebende Bemessungsgröße. Des Weiteren wurde mit diesem Modell die Bilanzierung der Retentionsvolumen erstellt und die Beeinflussung der Wasserstände am Kirschbacher Hof und an der Kirschbacher Mühle im gesamten Abflussspektrum ermittelt.

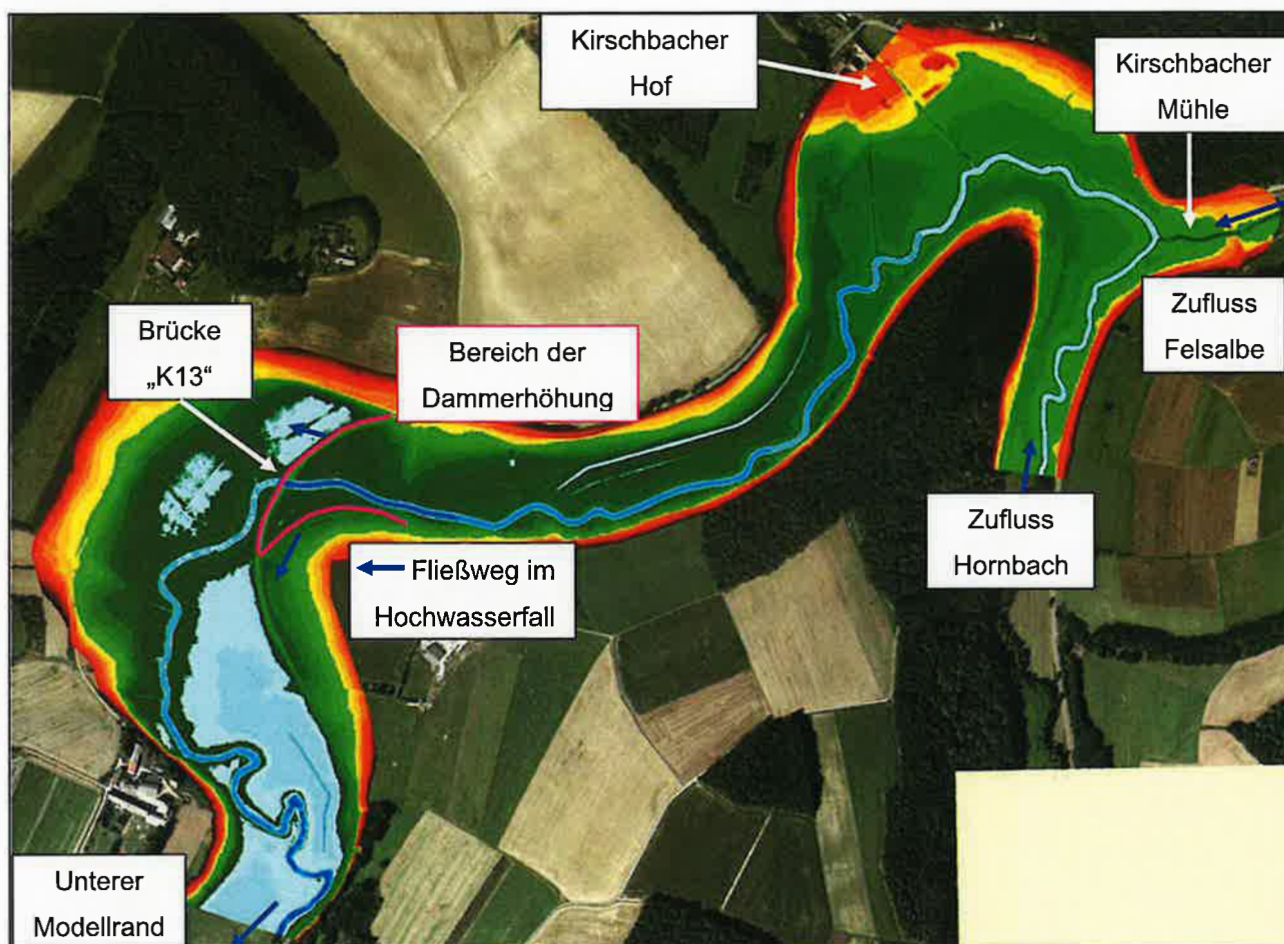


Abbildung 5-2: Erweitertes Modellgebiet „Querung K13“ oberstrom Dietrichingen

Physikalisches Rinnenmodell

Da die Strömungsverhältnisse im Bereich der Brücke stark turbulenten und dreidimensionalen Charakter haben, wurde dieser Nahbereich über ein physikalisches Modell abgebildet. Am IWG steht mit dem Theodor-Rehbock-Laboratorium die entsprechende Infrastruktur zur Verfügung. Insbesondere wurden für das „Integrierte Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach/Pfalz“ Maßnahmen im Stadtgebiet über physikalische Modellierung untersucht (siehe [1]).

Zur Bemessung des Rückstaubauwerks und Untersuchung der Strömungsverhältnisse wurden in einer 3 m breiten Modellrinne die Brücke und die jeweiligen Maßnahmen schematisch mit einem Modellmaßstab von 1:20 nachgebildet (siehe Abbildung 5-3). Die Untersuchungen mit diesem Modell beziehen sich auf den Nahbereich des Brückendurchlasses für das Bemessungsereignis $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Damm der K13 kann für den Ausführungsvorschlag bei diesem Abfluss als nicht überströmbar angenommen werden, so dass die Ausführung des Rückstaubauwerks die maßgebende Bemessungsgröße für die endgültige Rückstauwirkung ist.



Abbildung 5-3: physikalisches Modell der Modellvarianten an der K13
(links: Blende im Brückenquerschnitt; rechts: Spundwandvorbau)

5.1 Dammerhöhung an der K13

Um den Wasserspiegelanstieg oberstrom der Brücke zu gewährleisten, müssen der Straßendamm der K13 und der südlich anschließende Feldweg erhöht werden. Die erforderliche Dammerhöhung erzeugt durch Verminderung der Abflussleistung über den Straßendamm eine Wasserstandserhöhung oberstrom der Maßnahme. In dieser Fragestellung wurde das erweiterte 2D-HN-Modell herangezogen. Abbildung 5-4 zeigt den Einfluss für die Bemessungsabflüsse $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$ und $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$.

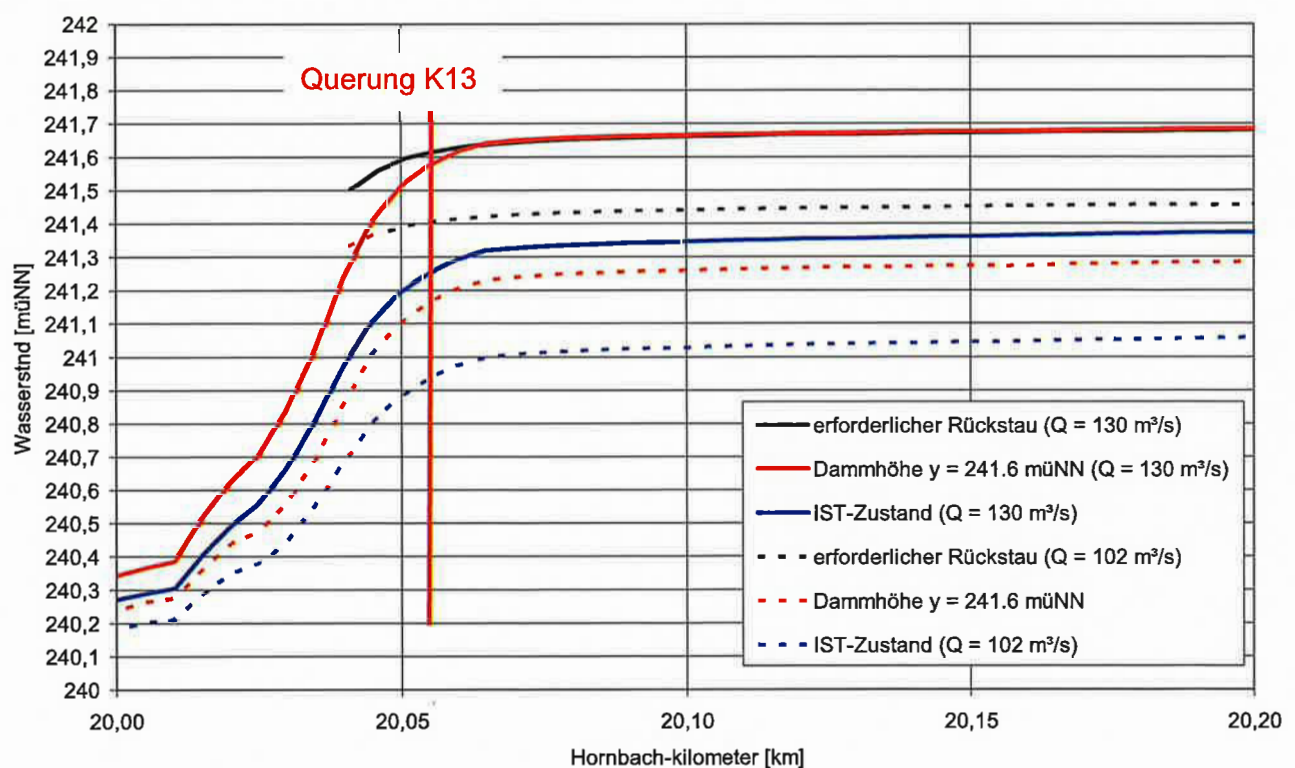


Abbildung 5-4: Wasserspiegelanstieg durch Dammerhöhung (K13 und Feldweg)

Der Straßendamm wird im IST-Zustand bei $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$ auf der südlichen (linken) Dammseite insbesondere über den Feldweg überströmt. Durch die Maßnahme wird für diese Abflussmenge eine Überströmung verhindert. Hierdurch wird unterstrom des Feldweges ein Retentionsverlust erzeugt, welcher in der Retentionsrückgewinnung oberstrom der K13 berücksichtigt wird. Es zeigte sich, dass der erforderliche Rückstau durch die Dammerhöhung nicht erreicht wird, so dass zusätzliche Maßnahmen am Brückenquerschnitt erforderlich werden. Hiermit wird zudem gewährleistet, dass auch bei geringeren Hochwässern (ohne Umströmung des Brückenquerschnitts) ein Retentionsgewinn erzielt wird.

Der Straßendamm wird bei $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ sowohl im IST-Zustand als im Ausführungsvorschlag überströmt. Es zeigte sich, dass der Rückstau zu groß ausfällt, wenn diese Überströmung komplett unterbunden wird. Damit ist die Dammhöhe die maßgebende Bemessungsgröße für diese Abflussmenge. Wie bereits erwähnt, spielt bei breitflächiger Überströmung der K13-Querung der exakte abflusswirksame Querschnitt des Brückendurchlasses eine untergeordnete Rolle. Es zeigt sich, dass der erforderliche Rückstau für $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einer Erhöhung des südlichen Feldweges und des Dammes an der K13 auf $y = 241,6 \text{ m} \text{üNN}$ erreicht wird.

5.2 Vorgelagerte Spundwand

Seitens des Büros DILGER war auch eine Variante zu untersuchen, bei der ein unabhängiges Kontrollbauwerk vor dem Brückenquerschnitt errichtet wird. Hierbei wird der Brücke eine überströmbare Spundwand mit Aussparung im Hornbachquerschnitt vorgelagert. Die Länge der Spundwand beträgt insgesamt ca. 50 m. Es war zu analysieren, inwieweit eine Spundwand den geforderten Rückstau bei unterschiedlichen Abflussmengen hydraulisch sinnvoll gewährleistet.

Die Untersuchung mit dem physikalischen Modell zeigte, dass sich im Beckenbereich - unabhängig von der Abflussmenge - zwischen den Einengungen eine hochgradig turbulente und damit zeitlich fluktuierende Strömungssituation einstellt. Bei Auftreffen des Strahls auf die Brückenwiderlager wird die Strahlrichtung abgelenkt, und initiiert eine Pendelbewegung mit starker Wirbelbildung (siehe Abbildung 5-5). Der Wasserkörper zwischen Spundwand und Straßendamm gerät in Schwingung, was zu periodischen Wasserstandsschwankungen in den seitlichen Beckenbereichen führt, die in Natur zu erheblichen Belastungen für Brückenbauwerk und Damm resultieren würden. Das grobe physikalische Modell zeigte, dass für eine exakte hydraulische Bemessung einer derartigen Ausführung zusätzliche Untersuchungen (z.B. Einbauten in Form von Leitwerken) benötigt werden. Eine konkrete Bauwerksbemessung würde hierbei eine exakte Abbildung der individuellen örtlichen Verhältnisse in einem physikalischen Modell erfordern.



Abbildung 5-5: Turbulente Strömungssituation bei der Variante mit Spundwandvorbau
(Darstellung zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten)

5.3 Brückeneinengung

Hierbei wird der Brückenquerschnitt mit seitlichen Blenden an beiden Widerlagern der oberstromigen Seite des Brückendurchlasses verengt. Der Brückendurchlass hat im IST-Zustand eine Breite von ca. 14 m.

Bemessungsabfluss $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$

Für diese Abflussmenge gilt als Ausgangszustand die Variante mit Dammerhöhung. Durch die Dammerhöhung wird die Überströmung an der K13 für diesen Abfluss verhindert. Der verbleibende erforderliche Rückstau von ca. 0,15 m (siehe Abbildung 5-4) muss durch die Brückeneinengung gewährleistet werden. Mit dem physikalischen Modell wurden unterschiedliche Verbauungsgrade des Brückenquerschnitts mit einer Blende am Brückeneinlass untersucht. Die Schrittweite der Einengung beträgt hierbei 0,5 m an beiden Widerlagern. Der hierdurch erzeugte zusätzliche Rückstau nach oberstrom ist für diesen Abfluss in Tabelle 5-1 dargestellt. Im physikalischen Modell ergibt sich somit die für das geforderte Retentionsvolumen erforderliche Rückstauhöhe bei einer Einengung des Brückenquerschnitts auf ca. 11 m (beidseitige Verengung von ca. 1,5 m).

Blendenbreite [m]	WST-Anstieg numerisches Modell [m]	WST-Anstieg physikalisches Modell [m]	WST-Anstieg gesamt [m]
2 x 0,5	0,31	0,05	0,36
2 x 1,0	0,31	0,10	0,41
2 x 1,5	0,31	0,16	0,47
2 x 2,0	0,31	0,24	0,55
2 x 2,5	0,31	0,40	0,71

Tabelle 5-1: WST-Anstieg infolge Einengung an der Brücke an der K13 bei $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$

Bemessungsabfluss $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$

Bei diesem Abfluss wird die K13 sowohl im IST-Zustand als auch bei Dammerhöhung überströmt. Dieser zusätzliche Abflussquerschnitt verringert den Einfluss der Brückenverengung auf die Wasserstände oberstrom. Die Modellsimulation mit der Modellvariante mit ausschließlich einer Dammerhöhung auf $y = 241,6 \text{ müNN}$ ergab, dass diese Maßnahme bereits die notwendige Einstauhöhe gewährleistet. Durch die Einengung am Brückenquerschnitt wird ein geringer zusätzlicher Rückstau erzeugt (siehe Abbildung 5-6). Der verminderte Abfluss durch den Brückenquerschnitt wird durch die breite Überströmung des Straßendamms bereits bei geringfügigem Anstieg der Überströmhöhe kompensiert. Für den Ausführungsvorschlag wurde rechnerisch eine Dammhöhe von ca. $y = 241,6 \text{ müNN}$ ermittelt.

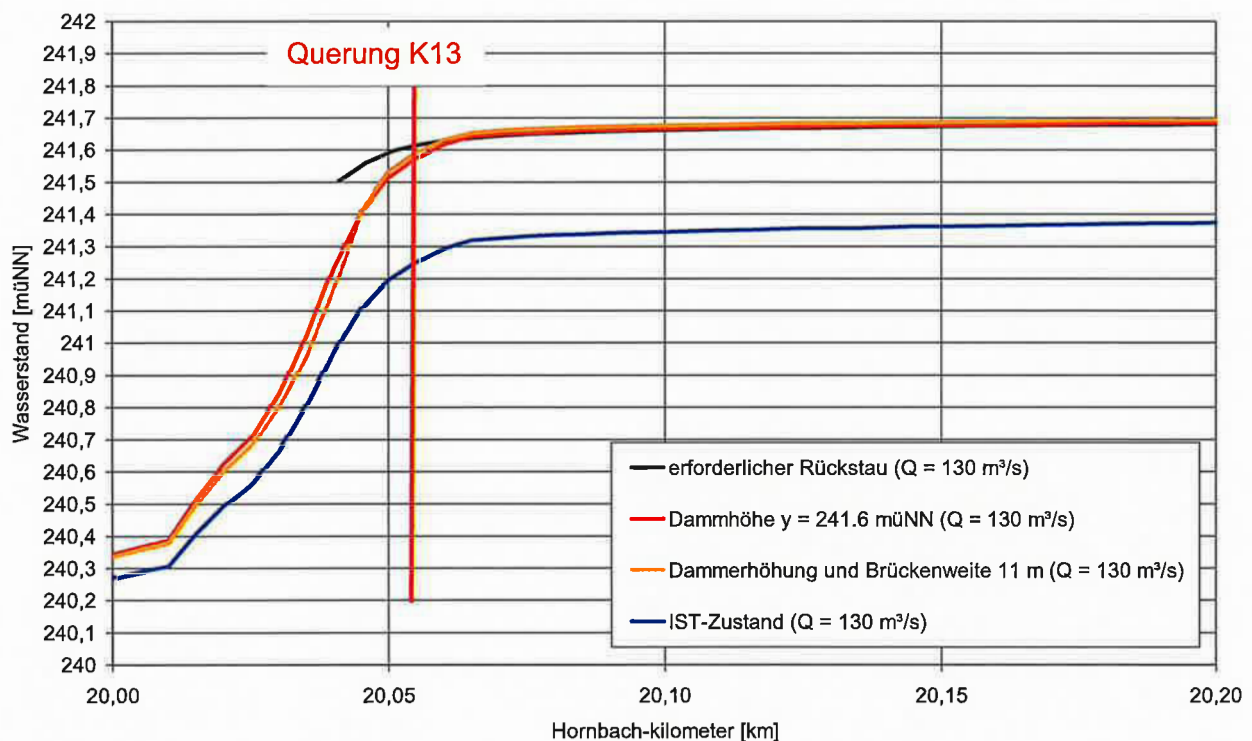


Abbildung 5-6: WST-Anstieg infolge Dammerhöhung und Brückenverengung ($Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$)

Abfluss $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$

Es war zu untersuchen welcher Einfluss der Maßnahme auf die Wasserstände bei extremen Abflussereignissen besteht. Hierfür wurde zusätzlich ein Abfluss von $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$ simuliert. Wie Abbildung 5-7 veranschaulicht, erzeugt eine Einengung des Brückenquerschnitts lediglich einen geringen zusätzlichen Rückstau gegenüber der Variante mit ausschließlich einer Dammerhöhung. Der Rückstaeinfluss nimmt durch die Überströmung der K13 gegenüber den Bemessungsabflüssen ab. Für den Kirschbacher Hof liegt die Beeinflussung des Wasserstandes für diesen Abfluss

bei rechnerisch ca. $\Delta y = 9$ cm und an der Kirschbacher Mühle bei rechnerisch ca. $\Delta y = 5$ cm (siehe Tabelle 6-1).

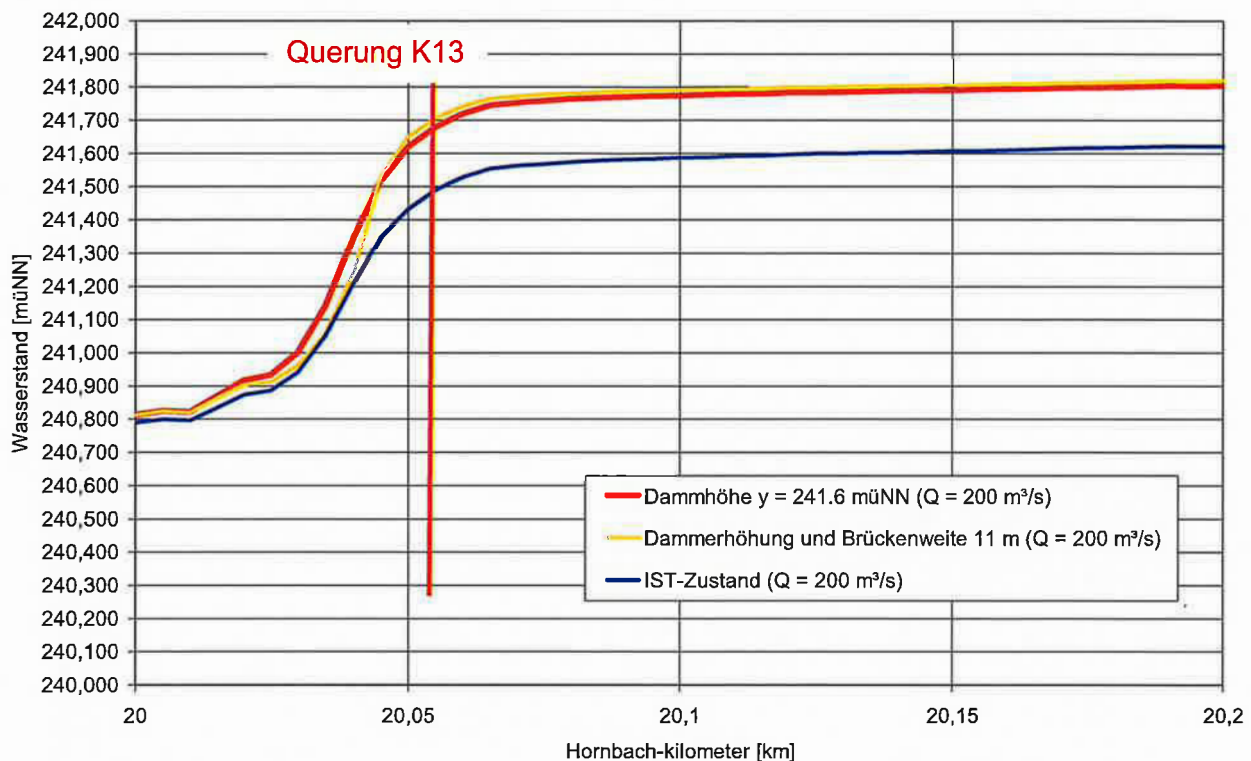


Abbildung 5-7: WST-Anstieg infolge Dammerhöhung und Brückenverengung ($Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$)

6 Wasserstände charakteristischer Abflüsse im Bereich Dietrichingen

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens und der technischen Umsetzung des Projekts waren mit dem 2D-HN-Modell des Bereiches Dietrichingen zusätzlich Wasserstände für Abflüsse unterschiedlicher Charakteristik bzw. Jährlichkeiten zu bestimmen. Die Abflüsse wurden wie im Bereich Hornbach nach Tabelle 4-1 angenommen. Für den Ausführungsvorschlag wurde die Variante mit Dammerhöhung an der K13 und des Feldwegs auf $y = 241,6$ müNN sowie einer Brückeneinengung auf 11 m lichte Weite zu Grunde gelegt. Abbildung 6-1 und Abbildung 6-2 zeigen die Wasserspiegel sowohl im IST-Zustand als auch im Ausführungsvorschlag im Längsschnitt in Flussachse. Tabelle 6-1 und Abbildung 6-3 zeigen den Einfluss der Maßnahmen auf die Wasserstände am Kirschbacher Hof und an der Kirschbacher Mühle für das gesamte untersuchte Abflussspektrum. In Abbildung 6-3 sind zusätzlich das zu erwartende Retentionsvolumen in Folge der untersuchten Maßnahmen an der K13 und Anhaltswerte (lineare Mittlung zwischen den untersuchten Abflussszenarien) zur Abflusshöhe bei Brückeneinstau und Dammüberströmung an der K13 im IST-Zustand und im Ausbauzustand dargestellt.

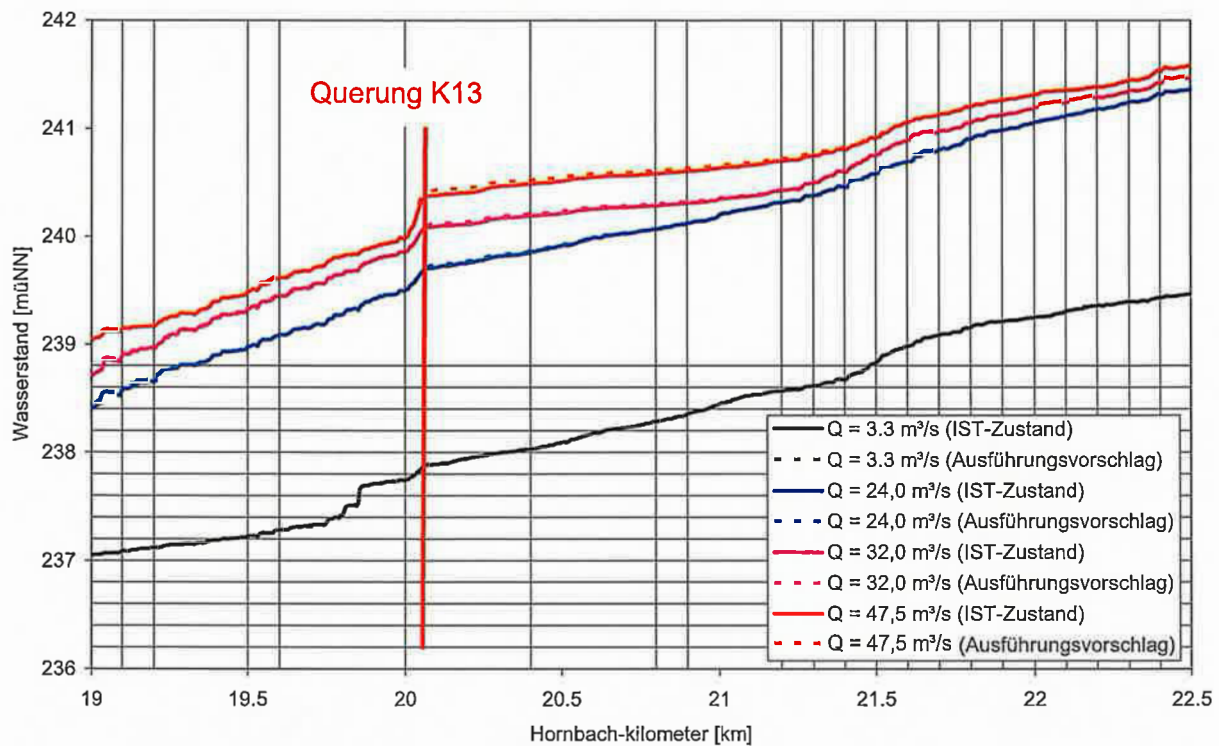


Abbildung 6-1: Wasserspiegellage IST-Zustand / Ausführungsvorschlag (MQ - HQ₅)

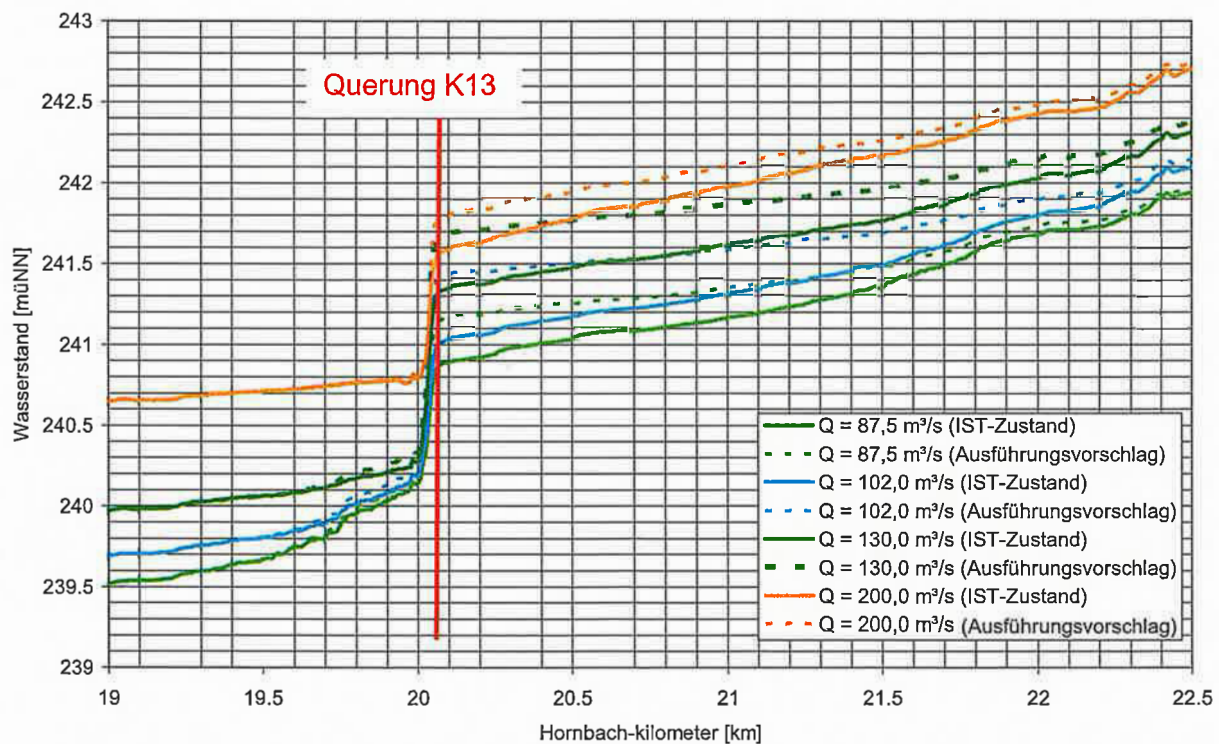


Abbildung 6-2: Wasserspiegellage IST-Zustand / Ausführungsvorschlag (HW1997 - $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$)

Abflussereignis [m³/s]	Rückstau einfluss bei ca. km 21,6 (Hof) [m]	Rückstau einfluss bei ca. km 22,0 (Mühle) [m]
3,3 (MQ)	0.00	0.00
24,0 (HQ1,1)	0.00	0.00
32,0 (HQ2)	0.00	0.00
47,5 (HQ5)	0.00	0.00
87,5 (HW1997)	0.08	0.04
102,0 (HQ50)	0.17	0.10
130,0 (HW1993)	0.17	0.11
200,0	0.09	0.05

Tabelle 6-1: Wasserspiegelanhebung im Bereich Kirschbacher Hof und Kirschbacher Mühle in Folge der untersuchten Maßnahme an der K13

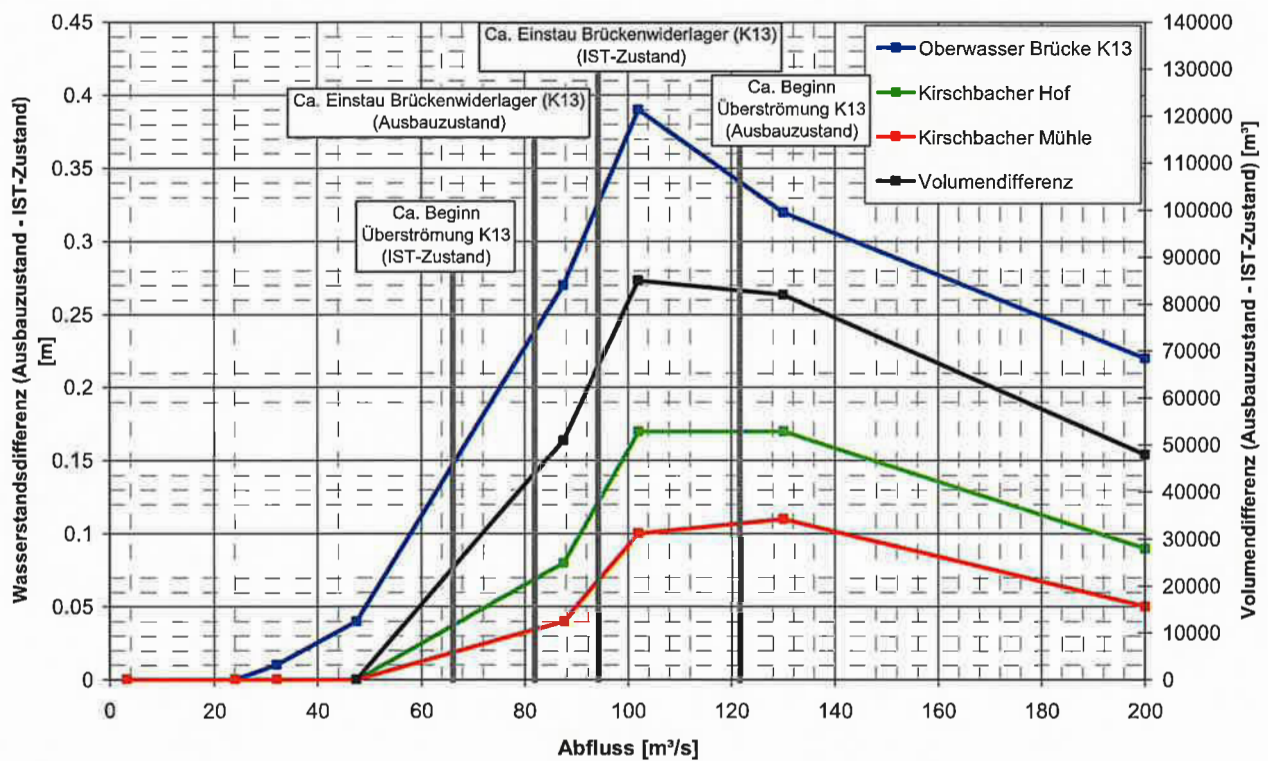


Abbildung 6-3: Wasserspiegel- und Volumendifferenzen in Folge der untersuchten Maßnahmen an der K13

7 Zusammenfassung

Am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) wurden im Vorfeld dieser Untersuchung Ausführungsvorschläge zur Ausarbeitung der Hochwasserschutzkonzepte für Hornbach und Althornbach in Zusammenarbeit mit der jeweiligen Arbeitsgruppe im Auftrag des Landes Rheinland-Pfalz erarbeitet. Das Hochwasserschutzkonzept für Hornbach bezieht sich auf den Bemessungsabfluss $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ (HW_{1993}). Die Erarbeitung des Hochwasserschutzkonzeptes für Althornbach bezieht sich auf den Bemessungsabfluss $Q = 145 \text{ m}^3/\text{s}$ (ca. HQ_{50}).

Die ermittelten wasserbaulichen Maßnahmen beeinflussen die Wasserstände in den Ortslagen und führen zu Verlusten an Retentionsvolumen. Zur Gewährleistung der Hochwasserneutralität sollen diese Volumen an anderer Stelle ausgeglichen werden. Zu diesem Zweck wurde das Gebiet des Hornbachs oberstrom der Querung der K13 bei Dietrichingen untersucht und die Analyse zeigte, dass durch Verstärkung des Rückstauinflusses am Durchlass der K13 zusätzliches Retentionsvolumen zurückgehalten werden kann. Tabelle 7-1 zeigt die Ergebnisse der Analyse in einer Übersicht.

Abfluss Hornbach nach Schwalbzufluss	Retentionsverlust Maßnahme Hornbach	Retentionsverlust Maßnahme Althornbach	erforderlicher Höherstau K13 zum Volumenausgleich
185 m ³ /s	ca. 80.000 m ³	-	ca. 0,4 m
145 m ³ /s	ca. 45.000 m ³	ca. 40.000 m ³	ca. 0,45 m

Tabelle 7-1: Ergebnisse zum Retentionsvolumenausgleich Hornbach und Althornbach durch Verstärkung des Rückstaueffekts der K13-Querung bei Dietrichingen

Das Volumen für den Retentionsausgleich sollte durch eine geeignete konstruktive Ausführung des rückstauenden Bauwerks aktiviert werden. In Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro DILGER wurden verschiedene Optionen der baulichen Umsetzung analysiert, das den Rückstau entsprechend dieser Vorgaben realisiert. Für die Untersuchung wurden ein 2D-HN-Modell (2D-HN-Verfahren FLUMEN) sowie ein schematisches physikalische Modell angewendet.

Um den Wasserspiegelanstieg oberstrom der Brücke grundsätzlich zu gewährleisten, müssen der Straßendamm der K13 und der südlich anschließende Feldweg erhöht werden. In dieser Fragestellung wurde das erweiterte 2D-HN-Modell herangezogen. Es zeigte sich, dass der erforderliche Rückstau für den Abfluss $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einer Erhöhung des südlichen Feldweges und des Dammes an der K13 auf $y = 241,6 \text{ mÜNN}$ erreicht wird.

Für das rückstauende Bauwerk wurden zwei Varianten untersucht:

Vorgelagerte Spundwand

Hierbei wird der Brücke eine überströmbare Spundwand mit einer Länge von ca. $L = 50 \text{ m}$ und Aussparung im Hornbachquerschnitt vorgelagert. Die Untersuchung mit dem physikalischen Modell ergab, dass durch den Spundwandvorbau eine komplexe instationäre hydraulische Situation entsteht, bei der der Strahl in eine Pendelbewegung gerät. Dies führt zu periodischen Wasserstandsschwankungen in den seitlichen Beckenbereichen, die in Natur zu erheblichen Belastungen für Brückenbauwerk und Damm resultieren würden. Eine konkrete Bauwerksbemessung würde hierbei eine exakte Abbildung der individuellen örtlichen Verhältnisse in einem physikalischen Modell erfordern.

Brückeneinengung

Hierbei wird der Brückenquerschnitt mit seitlichen Blenden an beiden Widerlagern der oberstromigen Seite des Brückendurchlasses verengt. In der Untersuchung im physikalischen Modell ergab sich bei $Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$ die für das geforderte Retentionsvolumen erforderliche Rückstauhöhe bei einer Einengung des Brückenquerschnitts auf ca. 11 m (beidseitige Verengung von ca. $1,5 \text{ m}$).

Es war zu untersuchen welcher Einfluss der Maßnahme auf die Wasserstände bei extremen Abflussereignissen besteht. Hierfür wurde mit dem erweiterten 2D-HN-Modell zusätzlich ein Abfluss von $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$ simuliert. Es zeigte sich, dass der Einfluss der Maßnahmen durch die Überströmung der K13 gegenüber den Bemessungsabflüssen abnimmt.

Schließlich waren im Zuge des Genehmigungsverfahrens und der technischen Umsetzung des Projekts mit den Modellen der Ortslage Hornbach und im Bereich Dietrichingen Wasserstände für Abflüsse unterschiedlicher Charakteristik bzw. Jährlichkeiten zu bestimmen. Die Ergebnisse wurden dem Ingenieurbüro DILGER zur weiteren Verarbeitung und Darstellung in den Unterlagen des Genehmigungsverfahrens übergeben.

Karlsruhe, September 2009

8 Literatur

- [1] „Integriertes Hochwasserschutzkonzept Stadt Hornbach / Pfalz“, IWG, Juli 2007
- [2] „Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzepts der Gemeinde Althornbach/Pfalz“, IWG, September 2008
- [3] „Standortuntersuchungen zur Hochwasserrückhaltung am Hornbach“, IPR, Dezember 2003
- [4] „Begleitende Untersuchungen unter Anwendung zweidimensionaler numerischer Simulation zur Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen der Stadt Hornbach und der Gemeinde Althornbach (Pfalz), IWG, November 2008

Empfehlung des IWG zur Festlegung der wirksamen Schubspannungen im Bereich der wasserbaulichen Maßnahmen in Hornbach

Februar 2011 – Lehmann / Mohringer

Veranlassung

Im Rahmen der am IWG durchgeführten Arbeiten mit dem wasserbaulichen Modell zum „Hochwasserschutzkonzept der Stadt Hornbach“ wurden keine Sohlschubspannungen für die Gewässerläufe innerhalb vom Stadtgebiet ermittelt. Auch in den Sitzungen der projektbegleitenden Arbeitsgruppe wurde das Thema Schubspannungen nicht angesprochen, da dieser für die Bemessung von Uferschutzmaßnahmen relevante Wert bei der Diskussion der seinerzeit behandelten Fragen nicht von Bedeutung war. Das IWG hat jedoch im wasserbaulichen Modell für den Ist-Zustand an vier Messstellen im Bereich der Stadt Hornbach punktuell Fließgeschwindigkeitsmessungen durchgeführt. Die gemessenen Geschwindigkeiten können auf Grund des Modellmaßstabes und der sich ergebenden geringen Wassertiefe als Mittelwert betrachtet werden und liefern somit keine Auskunft über die sohnahen Geschwindigkeitskomponenten. Von einer Verwendung dieser Werte zur Ableitung einer Sohlschubspannung wird daher abgeraten.

Ein kleiner Teil des Hornbaches wurde auch in dem hydrodynamisch-numerischen Modell (2D-HN-Modell) abgebildet. Das 2D-HN-Modell ermöglicht die Ausgabe von Sohlschubspannungen (exemplarische Darstellung in Abbildung 1). Aus der Analyse der Daten wird ersichtlich, dass sich im 2D-HN-Modell rechnerisch Sohlschubspannungen im Bereich von 12 - 130 N/m² ergeben. Die Sohlschubspannungen liegen insbesondere in Gewässerabschnitten mit relativ ungleichmäßiger Strömungsausprägung im oberen Bereich; bei Gewässerabschnitten mit gleichmäßigem Strömungsverhalten liegen die Sohlschubspannungswerte zwischen 20 – 60 N/m².

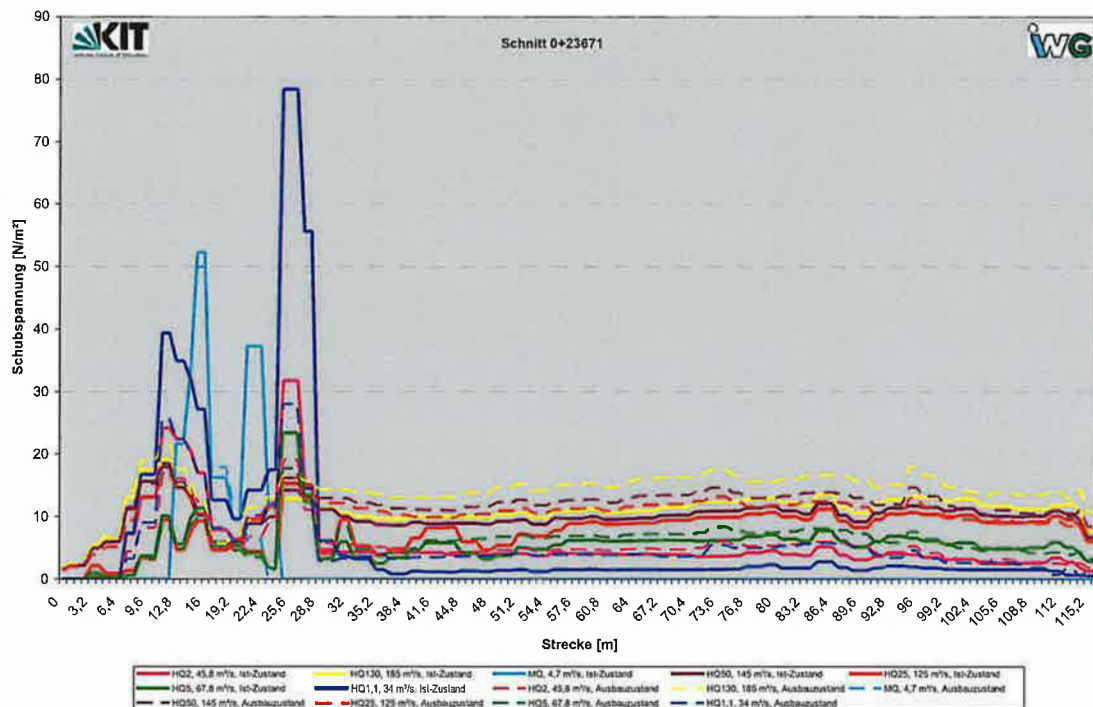


Abbildung 1: Verteilung der Schubspannung über die Gewässer- und Vorlandbreite bei Hornbach-km 0+236 für unterschiedliche Abflussszenarien.

Ansatz zur Ableitung von Sohlschubspannungen

Die Sohlschubspannung hängt vom Wasserstand und von der wirkenden (sohlnahen) Strömungsgeschwindigkeit ab. Im Fall eines Gewässerlaufes mit gleichmäßigem Strömungsverhalten, steigt an der Gewässersohle bei zunehmenden Wasserstand die Sohlschubspannung an, bis der bordvolle Abflusszustand erreicht ist. Bei weiter steigendem Abfluss kommt es zum Ausufern und zum Überströmen des Vorlandes. Damit einhergehend ist bei weiter steigendem Abfluss kaum mehr ein Wasserspiegelanstieg im Gewässerbett zu verzeichnen. Ebenso nehmen ab dem bordvollen Zustand bei steigendem Abfluss auch die Strömungsgeschwindigkeiten im Gewässerbett nur wenig weiter zu. Daraus ergibt sich, dass der bordvolle Abfluss für die Berechnung der Sohlschubspannungen als maßgebender Zustand angenommen werden kann.

Aus dem in der Literatur üblichen Ansatz zur Abschätzung der Sohlschubspannung kann mit bekanntem Sohlgefälle und dem hydraulischen Radius die charakteristische Sohlschubspannung ermittelt werden (Gleichung 1).

$$\tau_0 = \rho_W \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I_{so} \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Gleichung (1)

τ_0	Sohlschubspannung (N/m ²)
ρ_W	Dichte von Wasser (kg/m ³)
r_{hy}	Hydraulischer Radius (m)
I_{so}	Sohlengefälle (-)

Die auf das Gewässerbett wirkenden Sohlschubspannungen sind jedoch nicht gleichmäßig entlang der Gewässerwandungen verteilt, sondern weisen in Abhängigkeit von der Gewässerbettgeometrie, eine besondere Verteilung auf. In Abbildung 2 ist die Verteilung der Sohlschubspannung über den Querschnitt exemplarisch für einen herkömmlichen Trapezquerschnitt dargestellt.

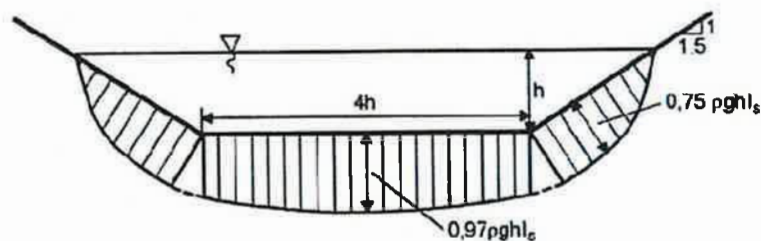


Abbildung 2: Verteilung der Sohlschubspannungen bei einem Gerinne mit Trapezquerschnitt. Aus: Patt et al. 2004: Naturnaher Wasserbau. Springer Verlag (S. 217).

Mit Hilfe der oben genannten Zusammenhänge wird es nun möglich, ausgehend vom Zustand des bordvollen Abflusses aus Gleichung (1) die Sohlschubspannung abzuleiten. Unter Berücksichtigung von Abbildung 2 kann dann unter Berücksichtigung der geplanten Querschnittsgeometrie für den Soll-Zustand des Hornbaches eine Anpassung der Werte erfolgen.

Anwendung auf das Projektgebiet in Hornbach

Zur Ermittlung einer für die Bemessung der wasserbaulichen Maßnahmen maßgebenden Sohlschubspannung wurde in Hornbach das geplante Querprofil bei Station 0+283,3 herangezogen (Abbildung 3). Dieser Gewässerquerschnitt kann als repräsentativ angenommen werden und befindet sich zudem in einem Bereich mit relativ gleichmäßig ausgeprägter Strömung.

Für diesen charakteristischen Querschnitt wurde unter Zugrundelegung eines bordvollen Abflusszustandes der hydraulische Radius $r_{hy} = 1,86$ m ermittelt. Aus dem bestehenden digitalen Geländemodell konnte zudem die Sohlneigung $I_{so} = 2$ ‰ für diesen Gewässerabschnitt ausgelesen werden.

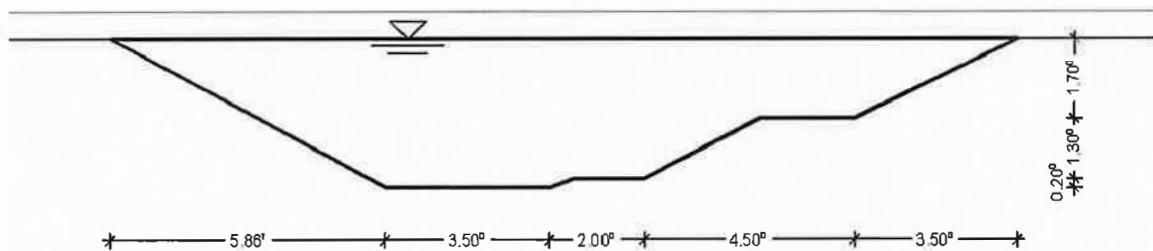


Abbildung 1: Lageplan (oben; Quelle: Büro Dilger) und geplantes Querprofil an Station 0+283,3 (unten)

Mit Gleichung (1) ergibt sich daraus eine charakteristische Sohlschubspannung von $\tau_0 = 36 \text{ N/m}^2$. Aufgrund der bei dieser Abschätzung enthaltenen Unsicherheiten wird seitens des IWG empfohlen, von einer Abminderung des Wertes für die Uferböschungen abzusehen.

Vielmehr sollten Maßnahmen zur Uferbefestigung bei Gewässerabschnitten, in denen sich ungleichförmige Strömungsbedingungen ausbilden (z.B. im Bereich starker Krümmungen oder Einengungen), auf höhere Schubspannungswerte von ca. 80 N/m^2 bemessen werden. Diese Werte decken sich auch gut mit den aus dem 2D-HN-Modell ermittelten Werten.