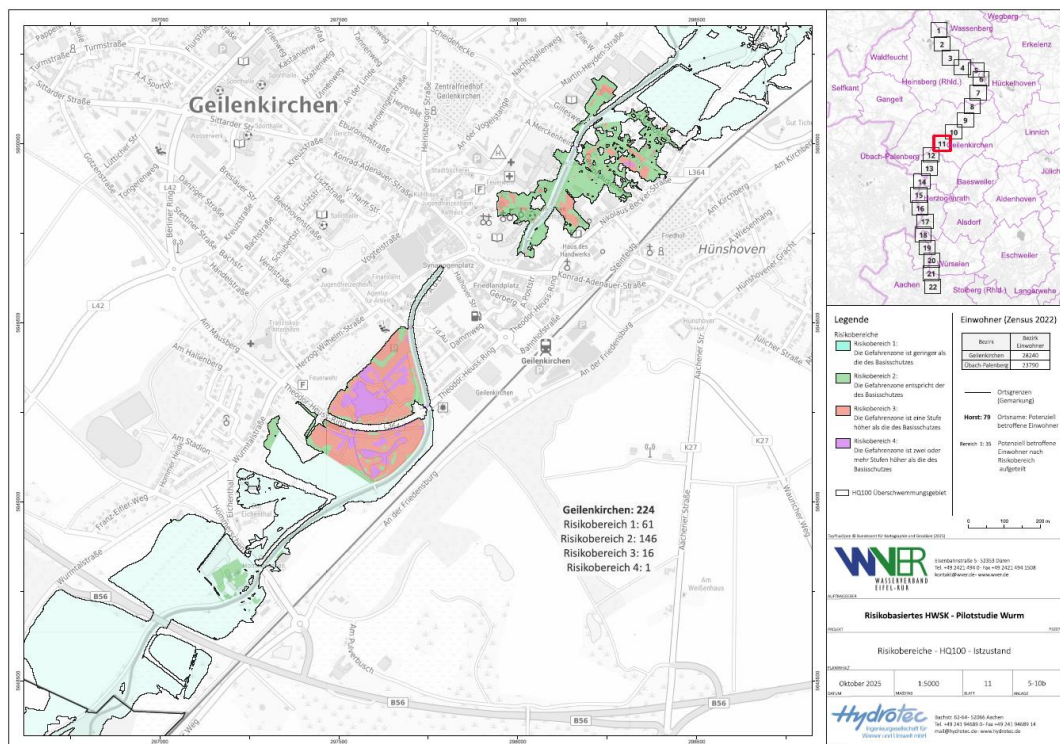


Projektbericht

Evaluierung und Weiterentwicklung des Risikobasierten HWSK für die Hochwasserschutzplanung in NRW – Pilotstudie Wurm –



Auftraggeber

Wasserverband Eifel-Rur

Aachen, Oktober 2025

Wir danken allen Beteiligten für die Hilfestellungen bei der Bearbeitung und die jederzeit freundliche und kooperative Zusammenarbeit.

Impressum

Verfasser	Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH Bachstraße 62-64 52066 Aachen +49 241 94689 0 mail@hydrotec.de www.hydrotec.de
Auftraggeber	Wasserverband Eifel-Rur (WVER) Eisenbahnstraße 5 52353 Düren
Projektbetreuung	Susanne Kozerke (WVER)
Autoren	Dirk Sobolewski (Hydrotec) Dr. Oliver Buchholz (Hydrotec) Michel Heidemanns (Hydrotec)
Bildnachweis	Das Titelbild zeigt die Karte für die Risikobereiche für das HQ100 (Istzustand) im Bereich Geilenkirchen (Quelle: Hydrotec)
Stand	Oktober 2025
Projektnummer	P3207

© 2025 Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH

Jegliche anderweitige, auch auszugsweise, Verwertung des Berichtes, der Anlagen und ggf. mitgelieferter Projekt-Datenträger außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Auftraggebers unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Die Vervielfältigung von Teilen des Werkes ist nur zulässig, wenn die Quelle genannt wird.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
Glossar Risikobasiertes HWSK	VIII
Anlagen- und Anhangsverzeichnis	IX
1 Veranlassung, Methodik und Aufgabenstellung	1
2 Datengrundlage	3
3 Termine	4
4 Hydrologische und hydraulische Modellierung	5
4.1 Istzustand und Variante 1 („Linienschutz“)	7
4.1.1 Istzustand	7
4.1.2 Variante 1 („Linienschutz“)	7
4.2 Entwicklung von neuen Varianten	10
4.2.1 Variante 1a „Brücke und Deich Randerath“	10
4.2.2 Variante 2 „2 HRB“	14
5 Ermittlung von Gefahrenzonen und Risikobereichen nach neuem Ansatz für die vorhandenen und neuen 2D-Simulationen für HQ30, HQ100 und HQ300	17
5.1 Ermittlung Vulnerabilitätsbereiche	17
5.2 Ermittlung betroffener Einwohnerinnen und Einwohner	21
5.3 Ermittlung Gefahrenzonen	23
5.4 Ermittlung Risikobereiche	26
6 Schadenspotenzialberechnungen	31
6.1 Grundlagen der Schadenspotenzialanalysen mit BEAM	31
6.2 Schadenspotenzialberechnungen entsprechend des Entwurfs Masterplan Wurm	31
6.3 Sensitivitätsanalyse für das Risikobasierte HWSK	34
6.4 Schadenspotenzialberechnungen entsprechend dem Pilotprojekt Wurm	40

7	Maßnahmenkosten	44
7.1	Variante 1 („Linienschutz“)	44
7.2	Variante 1a („Brücke und Damm Randerath“)	44
7.3	Variante 2 („2 HRB“)	46
8	Nutzen-Kosten-Analyse	47
8.1	Sensitivitätsanalysen	48
8.2	Ergebnisse Nutzen-Kosten-Analyse	50
8.3	Bewertung Nutzen-Kosten-Analyse	51
9	Bewertung der Varianten 1, 1a und 2	52
9.1	Wirksamkeit	52
9.1.1	Erreichen des Basisschutzziels	52
9.1.1.1	Auswertung Erreichen des Basisschutzziels	53
9.1.1.2	Analyseergebnisse	60
9.1.2	Reduzierung der Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner	63
9.1.3	Reduzierung der Anzahl der potenziell betroffenen vulnerablen Gebäude	65
9.1.4	Gesamtbewertung der Wirksamkeit der Varianten an der Wurm	67
9.2	Wirtschaftlichkeit	69
9.2.1	Kosten für Basisschutz und Kosten für weitergehenden HWS	69
9.2.2	Schadenspotenziale und Nutzen-Kosten-Verhältnis	69
9.2.3	Berücksichtigung der ökologischen Verbesserung durch Maßnahmen	69
9.2.4	Gesamtbewertung der Wirtschaftlichkeit der Varianten an der Wurm	69
9.3	Finanzierbarkeit	70
9.4	Verbesserung Gewässerökologie	71
9.5	Umsetzbarkeit	77
9.6	Festlegung einer Vorzugsvariante	78
10	Zusammenfassende Bewertung des Risikobasierten HWSK	82
11	Literatur und verwendete digitale Daten sowie EDV-Programmsysteme	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1:	2D-Modellgebiet der Wurm (rot) inkl. Einzugsgebiete (Wurm blaue Fläche, Rur hellblaue Fläche), Gewässer (blaue Linien) und Verwaltungsbezirke (grau)	6
Abbildung 4-2:	Ausschnitt Gefahrenzonenkarte HQ100 in Randerath, oben Istzustand, unten Variante 1 inkl. Farblegende.....	9
Abbildung 4-3:	Überschwemmungsgebiete und Teilmaßnahmen der Variante 1a in Randerath (blau: HQ100, rot: HQ100Klima), Darstellung entsprechend EMP Wurm	11
Abbildung 4-4:	Ausschnitt Gefahrenzonenkarte HQ300 in Randerath, oben Istzustand, unten Variante 1a inkl. Farblegende.....	13
Abbildung 4-5:	Ausschnitt Gefahrenzonenkarte HQ100 in Herzogenrath, links Istzustand, rechts Variante 2 inkl. Farblegende.....	15
Abbildung 4-6:	Ausschnitt Gefahrenzonenkarte HQ100 in Geilenkirchen links Istzustand, rechts Variante 2 inkl. Farblegende.....	16
Abbildung 5-1:	Legende der Vulnerabilitätskarte.....	20
Abbildung 5-2:	Beispielkarte Vulnerabilitätsbereiche (hier: Ausschnitt Geilenkirchen).....	20
Abbildung 5-3:	Beispielkarte Vulnerabilitätskarte (hier: Geilenkirchen).....	21
Abbildung 5-4:	Beispiel Kartendarstellung für betroffene Einwohner (hier: Gefahrenzonenkarte HQ300 Istzustand, Geilenkirchen) inkl. Beispiel Legende.....	23
Abbildung 5-5:	Gefahrenzonen für den Menschen bei Überflutung in Abhängigkeit von der Wassertiefe h und der Fließgeschwindigkeit v	24
Abbildung 5-6:	Beispiel Legende der Karte für Gefahrenzonen.....	25
Abbildung 5-7:	Beispielkarte für Gefahrenzonen (hier: Gefahrenzonenkarte HQ300 Istzustand, Porselen, Horst und Randerath).....	26
Abbildung 5-8:	Basisschutzziele für den Menschen bei Hochwasser in Abhängigkeit von Gefahrenzonen und Lastfällen (Eintrittswahrscheinlichkeit).....	27
Abbildung 5-9:	Legende der Karte für die Risikobereiche	28
Abbildung 5-10:	Beispielkarte für Risikobereiche (hier: Risikobereiche HQ300 Istzustand, Porselen, Horst und Randerath).....	29
Abbildung 5-11:	Beispielkarte für Risikobereiche, Maximum aus HQ30, HQ100 und HQ300 Istzustand (hier: Risikobereiche Porselen, Horst und Randerath).....	30
Abbildung 6-1:	Ansatz eines Impulsfaktors	35
Abbildung 6-2:	Gesamtschaden der Variante 1 für unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten (oben: logarithmische Darstellung, unten: nicht logarithmische Darstellung).....	43
Abbildung 7-1:	Lageplan der Teilmaßnahmen der Variante 1a inkl. Überschwemmungsgebiete in Randerath (blau: HQ100, rot: HQ100Klima)	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Abstimmungstermine und Anlagennummern.....	4
Tabelle 4-1:	Hydraulische Maßnahmen der Variante 1 („Linienchutz“), alle Informationen aus dem EMP Wurm	7
Tabelle 5-1:	Besonders vulnerable Einzelobjekte und Einstufung nach Unterklassen.	18
Tabelle 5-2:	Ermittlung der betroffenen Einwohner von Randerath für drei unterschiedliche Methoden und Datenquellen, dargestellt für drei Jährlichkeiten	22
Tabelle 6-1:	Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 1 „Linienchutz“, Gesamtschaden entsprechend Vorgehensweise EMP Wurm	32
Tabelle 6-2:	Ergebnisse Schadensberechnung für den Istzustand und die Varianten 1 „Linienchutz“ und 1a „Brücke und Damm Randerath“, Gesamtschaden entsprechend Vorgehensweise EMP Wurm	33
Tabelle 6-3:	Ergebnisse Schadensberechnung für den Istzustand und die Varianten 1 „Linienchutz“ und 2 „2 HRB“, Gesamtschaden entsprechend Vorgehensweise EMP Wurm	33
Tabelle 6-4:	Vergleich der BEAM-Schadensberechnungen „Methodik EMP Wurm (2023)“ und Vorzugsvariante „Methodik Risikobasiertes HWSK (2025)“ für den Istzustand und die Varianten 1, 1a und 2 für alle Jährlichkeiten inkl. Abweichungen „Faktor EMP/Risikobasiertes HWSK“	39
Tabelle 6-5:	Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 1 „Linienchutz“, Gesamtschaden entsprechend Vorgehensweise Pilotprojekt Wurm.....	40
Tabelle 6-6:	Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 1a „Brücke und Damm Randerath“, Gesamtschaden für den Auswertebereich Randerath entsprechend Vorgehensweise Pilotprojekt Wurm	41
Tabelle 6-7:	Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 1 „Linienchutz“, Gesamtschaden für den Auswertebereich ab HRB „Alter Bahndamm“ entsprechend Vorgehensweise Pilotprojekt Wurm	41
Tabelle 6-8:	Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 2 „2 HRB“, Gesamtschaden für den Auswertebereich ab HRB „Alter Bahndamm“ entsprechend Vorgehensweise Pilotprojekt Wurm.....	42
Tabelle 7-1:	Teilmaßnahmen der Variante 1a	44
Tabelle 8-1:	Nutzen-Kosten-Verhältnisse für die Varianten 1, 1a und 2 für jeweils 5 Hochwasserabflusskombinationen und für zwei Methodiken (EMP Wurm und Risikobasiertes HWSK), grün > 1,0 und rot < 1,0	50
Tabelle 9-1:	Erreichte Basisschutzziele Istzustand und Variante 1 inkl. potenziell erforderliche weitere Maßnahmen	56
Tabelle 9-2:	Erreichte Basisschutzziele Istzustand und Varianten 1, 2 und 1a inkl. potenziell erforderliche weitere Maßnahmen	58
Tabelle 9-3:	Betroffene Einwohner, Istzustand, Varianten 1 und 2 sowie Verbesserungen (Wurm vom HRB Herzogenrath bis zur Mündung in die Rur)	63
Tabelle 9-4:	Betroffene Einwohner, Istzustand, Varianten 1 und 1a sowie Verbesserungen (für den Ortsbereich Randerath).....	65
Tabelle 9-5:	Potenziell betroffene vulnerable Objekte, Istzustand, Varianten 1 und 2 sowie Verbesserungen (Wurm von Aachen bis zur Mündung in die Rur)	66

Tabelle 9-6:	Zusammenfassende Wirksamkeitsanalyse für den Istzustand und die Varianten 1, 2 und 1a	68
Tabelle 9-7:	Bewertung der Auswirkung auf die Gewässerökologie je Maßnahmenbereich bzw. je Variante	74
Tabelle 9-8:	Punkteverteilung Bewertungskriterien	78
Tabelle 9-9:	Standardgewichte der Bewertungskriterien	79
Tabelle 9-10:	Bewertungen der Varianten nach unterschiedlichen Gewichtungen	80

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
Basis-DLM	Digitales Basis-Landschaftsmodell
BEAM	Basic European Assets Map
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
EMP Wurm	Entwurf Masterplan Wurm (Hydrotec 2023)
EW	Einwohnerinnen und Einwohner
EZG	Einzugsgebiet
GIS	Geografisches Informationssystem
HQx	Hochwasserereignis mit einer statistischen Eintrittswahrscheinlichkeit von x Jahren
HRB	Hochwasserrückhaltebecken
HWRM	Hochwasserrisikomanagement
HWS	Hochwasserschutz
HWSK	Hochwasserschutzkonzept
IED-Anlagen	Anlagen nach Industrieemissionsrichtlinie
IUCN	International Union for Conservation of Nature
KG V09	Kleingruppe der UAG
MUNV	Ministerium für Umweltschutz, Naturschutz und Verkehr des Landes NRW
N-A-Modell	Niederschlag-Abfluss-Modell
NKA	Nutzen-Kosten-Analyse
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
PKBW	Projektkostenbarwert
PNBW	Projektnutzenbarwert
PRTR-Anlagen	Anlagen nach European Pollutant Release and Transfer
UAG HWSK	Unterarbeitsgruppe Hochwasserschutzkonzepte des MUNV
Var.	Variante
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie, Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
WVER	Wasserverband Eifel-Rur

Glossar Risikobasiertes HWSK

Basisschutzziel	Schutzziel zur Abwendung von Gefahren für Leib und Leben
Erweiterter Schutz	über Basisschutz hinausgehender Schutz, der volkswirtschaftlich gerechtfertigt ist (positives Nutzen-Kosten Verhältnis)
Gefahrenzone	Überflutete Bereiche, die auf Basis des Impulses nach der möglichen Auswirkung auf den Menschen klassifiziert werden. Insgesamt werden 6 Gefahrenzonen definiert (0 bis 6).
Hochwassergefährdung	Kombination von Hochwassergefahr (definiert über Gefahrenzone) und Eintrittswahrscheinlichkeit (definiert über Jährlichkeit)
Impuls	Produkt aus Fließgeschwindigkeit und Fließtiefe [m^2/s]
Lastfall	Beschreibt das betrachtete Ereignis (Jährlichkeit oder Niederschlags-Szenario)
Maßnahme	Eine Maßnahme kann aus mehreren (mindestens einer) Teilmaßnahmen bestehen, die zusammenwirken
Risiko	Kombination aus Eintrittswahrscheinlichkeit/Gefährdung und Schadensausmaß/Vulnerabilität
Risikobereich I	höherer Schutzgrad als beim Basisschutzziel, entspricht allen Gefahrenzonen unterhalb des Schutzziels und allen Gefahrenzonen in unbebautem Gelände (da hier keine Zielvorgabe besteht)
Risikobereich II	Schutzgrad stimmt mit dem Basisschutzziel überein und entspricht der für den Basisschutz erforderlichen Gefahrenzone
Risikobereich III	niedrigerer Schutzgrad als beim Basisschutzziel, entspricht der ersten Gefahrenzone oberhalb des Schutzziels
Risikobereich IV	deutlich niedrigerer Schutzgrad als beim Basisschutzziel, entspricht allen weiteren Gefahrenzonen oberhalb des Schutzziels
Risikobereich	Vier Risikobereiche für die Lebensgefahren bei Hochwasser zur Prüfung des Basisschutzes, welche in Karten dargestellt werden können
Schutzziel	Erforderliche Kombination von Vulnerabilität , Lastfall und Gefahrenzone zur Erreichung des Basisschutzziels
Teilmaßnahme	Eine bauliche Maßnahme, z. B. HW-Schutzmauer, Deich
Variante	Hochwasserschutz-/Planungs-/Maßnahmenvariante. Eine Variante besteht aus mehreren (mindestens einer) Maßnahme, dies wird auch als Maßnahmenkombination bezeichnet.
Variantenuntersuchung	Untersuchung zur Ermittlung der Vorzugsvariante
Vorzugsvariante	Bestmögliche Lösung (Maßnahme oder Maßnahmenkombination) zur Erreichung eines Hochwasserschutzziels
Vulnerabilität	Allgemein: Anfälligkeit gegenüber Hochwasser. Hier: Differenziert über die Flächennutzung in 3 Stufen: geschlossenen Siedlungen (hohe Vulnerabilität) Einzelgebäuden außerhalb geschlossener Siedlungen (geringe Vulnerabilität) unbebautes Gelände (keine Vulnerabilität)
Zustand	Istzustände oder Planzustände

Anlagen- und Anhangsverzeichnis

Anlagen

Anlage 3-1:	Präsentationsfolien Abstimmungstermin 25.06.25
Anlage 3-2:	Präsentationsfolien Abstimmungstermin 02.07.25
Anlage 3-3:	Präsentationsfolien Abstimmungstermin 22.07.25
Anlage 3-4:	Präsentationsfolien Abstimmungstermin 29.07.25
Anlage 3-5:	Präsentationsfolien Abstimmungstermin 26.08.25
Anlage 3-6:	Präsentationsfolien Abstimmungstermin 09.09.25
Anlage 3-7:	Präsentationsfolien Abstimmungstermin 23.09.25
Anlage 3-8:	Präsentationsfolien Abstimmungstermin 02.10.25
Anlage 4-1:	Maßnahmensteckbriefe für die Varianten 1a und 2 entsprechend EMP Wurm
Anlage 5-1:	Tabelle: Gebäude ALKIS NRW Einzelbebauung
Anlage 5-2:	Tabelle: Gebäude ALKIS NRW Einzelbebauung „besonders vulnerabel“
Anlage 5-3:	Karten Vulnerabilitätsbereiche (1 : 5.000) – nur digital
Anlage 5-4:	Tabelle: Potenziell betroffene vulnerable Objekte für den Istzustand und die Varianten je Unterklasse, Bereich und HQ
Anlage 5-5:	Tabelle: Potenziell betroffene Einwohner für den Istzustand und die Varianten je Bereich und HQ
Anlage 5-6:	Karten HQ30, HQ100, HQ300, Gefahrenzonen, Istzustand (1 : 5.000) – nur digital
Anlage 5-7:	Karten HQ30, HQ100, HQ300, Gefahrenzonen, Variante 1 (1 : 5.000) – nur digital
Anlage 5-8:	Karten HQ30, HQ100, HQ300, Gefahrenzonen, Variante 1a (1 : 5.000) – nur digital
Anlage 5-9:	Karten HQ30, HQ100, HQ300, Gefahrenzonen, Variante 2 (1 : 5.000) – nur digital
Anlage 5-10:	Karten HQ30, HQ100, HQ300 und maximal, Risikobereiche, Istzustand (1 : 5.000) – nur digital
Anlage 5-11:	Karten HQ30, HQ100, HQ300 und maximal, Risikobereiche, Variante 1 (1 : 5.000) – nur digital
Anlage 5-12:	Karten HQ30, HQ100, HQ300 und maximal, Risikobereiche, Variante 1a (1 : 5.000) – nur digital
Anlage 5-13:	Karten HQ30, HQ100, HQ300 und maximal, Risikobereiche, Variante 2 (1 : 5.000) – nur digital
Anlage 6-1:	Beschreibung des BEAM-Verfahrens im Entwurf Masterplan Wurm (2023)
Anlage 7-1:	Ermittlung der Maßnahmenkosten im Entwurf Masterplan Wurm (2023)
Anlage 7-2:	Tabelle: Einheitspreise und Leistungsbeschreibung der Maßnahmen im Entwurf Masterplan Wurm (2023)

- Anlage 7-3: Tabelle: Einzelmaßnahmen der Maßnahmenvarianten inkl. Kosten im Entwurf Masterplan Wurm (2023)
- Anlage 8-1: Tabelle: Nutzen-Kosten-Berechnungen für die Variante 1 auf der Grundlage des Risikobasierten HWSK
- Anlage 8-2: Tabelle: Nutzen-Kosten-Berechnungen für die Variante 1a auf der Grundlage des Risikobasierten HWSK
- Anlage 8-3: Tabelle: Nutzen-Kosten-Berechnungen für die Variante 2 auf der Grundlage des Risikobasierten HWSK
- Anlage 9-1: Tabelle: Widerstands- und Konfliktmatrix (Quelle: WVER)

Anhänge

- Anhang 1: Grundlagen der hydrologischen Berechnungen
- Anhang 2: Grundlagen der 2D-Berechnungen der Gewässer
- Anhang 3: Grundlagen der 2D Berechnung von Starkregen
- Anhang 4: Grundlagen der GIS-Bearbeitung
- Anhang 5: Grundlagen der Ermittlung des Schadenspotenzials
- Anhang 6: Grundlagen der Ermittlung der Maßnahmenkosten
- Anhang 7: Grundlagen der Nutzen-Kosten-Analysen
- Anhang 8: Formularvorlage Nutzen-Kosten-Analyse

1 Veranlassung, Methodik und Aufgabenstellung

Die Bearbeitung für die Pilotstudie an der Wurm soll nach den aktuellen Empfehlungen der von der Hochwasserkommission des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW (MUNV) einberufenen Unterarbeitsgruppe „Hochwasserschutzkonzepte“ (UAG HWS-Konzepte) erfolgen (Hochwasserkommission 2024).

Die Unterarbeitsgruppe erarbeitet zurzeit die Grundlagen und Methodiken zur Erstellung von Risikobasierten Hochwasserschutzkonzepten (HWSK). Die Arbeiten werden im Laufe des Jahres abgeschlossen sein. Ende 2025 soll der Hochwasserkommission über den aktuellen Stand berichtet werden. Neben dem Gewässer Wurm wird an drei weiteren Pilotprojekten die Methodik getestet und optimiert.

Für die Wurm liegen ein hydrologisches Niederschlag-Abfluss-Modell (N-A-Modell) sowie ein 2D-hydraulisches Gewässermodell vor. Beide Modelle wurden im Rahmen der Untersuchung „Entwurf Masterplan Wurm - Hydraulische Berechnung von Maßnahmen, Schadenspotenzialanalysen und Risikoermittlung“ (Hydrotec 2023; Auftraggeber Wasserverband Eifel-Rur (WVER)) genutzt und weiterentwickelt. Für dieses Projekt wurden umfangreiche hydrologische und hydraulische Berechnungen durchgeführt, detaillierte Maßnahmen und Varianten entwickelt und sozioökonomische Wirkungsanalysen erstellt. Dazu wurden Vorzugsmaßnahmen optimiert und detaillierte Nutzen-Kosten-Nachweise erstellt und diese optimiert. Die hydrologischen Simulationen wurden im Rahmen des Projekts vom WVER, die hydraulischen 2D-Simulationen von Hydrotec durchgeführt. Wegen der sehr guten Modellbasis, der bereits vorliegenden Ergebnisse, der angewendeten Untersuchungsmethodik und der vorliegenden Aktualität gewährleistet die Wurm als Pilotprojekt eine sehr gute Grundlage zum Testen des Risikobasierten HWSK.

Von Hydrotec wurden im Rahmen der Pilotstudie folgende Leistungen erbracht:

- hydraulische Simulationen Istzustand und Planzustand „Linienenschutz“
- Ermittlung von Gefahrenzonen und Risikobereichen nach neuem Ansatz für die vorhandenen und neuen 2D-Simulationen für HQ30, HQ100 und HQ300
- erneute und zusätzliche Schadenspotenzialberechnungen mit Nutzen-Kosten-Analyse
- Entwicklung von neuen Rückhaltevarianten für zwei Hochwasserrückhaltebecken (Planzustand „HRB“) auf Einzugsgebietsebene (als theoretische Alternative zu Linienchutzmaßnahmen für Vergleichszwecke) und auf lokaler Ebene durch Leistungsfähigkeitsanpassung einer Brücke als Alternative oder in Kombination zu/mit ausgewählten Linienchutzmaßnahmen (Planzustand „Brücke“)
- Anwendung des Risikobasierten HWSK
- Anwendung und Überprüfung der von der Kleingruppe V.09 der UAG HWSK vorzuschlagenden methodischen Ansätze für die Variantenauswahl
- Durchführung von methodischen Untersuchungen zur Optimierung des Risikobasierten HWSK sowie zur Definition von Mindeststandards

Die Arbeiten von Hydrotec erfolgten in enger Abstimmung mit dem WVER und in Koordination mit der UAG HWSK sowie der Kleingruppe KG V09. Zwischenergebnisse aus dem Wurmprojekt wurden mit dem WVER in mehreren Arbeitsterminen dargestellt und diskutiert und in der KG bzw. UAG präsentiert und abgestimmt.

Im Pilotprojekt Wurm waren folgende Personen beteiligt:

- WVER:
 - Susanne Kozerke als Projektleiterin des AG
 - Dr. Gerd Demny
 - Dr. Torsten Rose
 - Anika Hermann

- Vincent Hochfeldt
- Holger Skrzypczyk
- Hydrotec:
 - Dirk Sobolewski als Projektleiter des AN
 - Dr. Oliver Buchholz
 - Michel Heidemanns
 - Diane Kaiser
 - Damian Stawinoga
 - Matthias Webering
 - Christina Zorenböhrer
 - Susanne Kurz

Im Rahmen der Pilotprojekte wurde eine Handlungsanleitung für die Durchführung eines „Risikobasierten HWSK“ erarbeitet. Diese ist in einem separaten Bericht dokumentiert:

- „Empfohlener Ablauf zur Erstellung Risikobasierter Hochwasserschutzkonzepte auf Basis von drei Hydrotec-Pilotstudien“ (Hydrotec 2025)

Weiterhin sind in diesem Dokument die technischen Umsetzungen als Anhänge 1 bis 8 beigefügt:

- Grundlagen der hydrologischen Berechnungen
- Grundlagen der 2D-Berechnungen der Gewässer
- Grundlagen der 2D Berechnung von Starkregen
- Grundlagen der GIS-Bearbeitung
- Grundlagen der Ermittlung des Schadenspotenzials
- Grundlagen der Ermittlung der Maßnahmenkosten
- Grundlagen der Nutzen-Kosten-Analysen
- Formularvorlage Nutzen-Kosten-Analyse

Diese haben i. d. R. jeweils den Aufbau

- Ziel und Methodik
- Grundlagendaten
- Bearbeitungsschritte
- Ergebnisse

Weitergehende Informationen zum Risikobasierten HWSK und zu den Technischen Umsetzungen sind somit den o. g. Dokumenten zu entnehmen.

In den Anhängen sind die erforderlichen Grundlagendaten detailliert aufgelistet. Es werden weiterhin die jeweiligen Bearbeitungsschritte erläutert, die bei der Anwendung des Risikobasierten Ansatzes durchzuführen sind. Abschließend werden jeweils die vorliegenden Ergebnisse dargestellt.

Ergänzend sind diese Dokumente dem vorliegenden Bericht zum Pilotprojekt Wurm als Anhänge beigefügt.

2 Datengrundlage

Aus dem Projekt „Entwurf Masterplan Wurm - Hydraulische Berechnung von Maßnahmen, Schadenspotenzialanalysen und Risikoermittlung“ (Hydrotec 2023) wurden folgende Daten übernommen:

- Unterwasserrandbedingung Wurm/Rur (Mündungsformel)
- 2D-hydraulische Modelle der Wurm (Ober-, Mittel- und Unterlauf) für unterschiedliche Zustände (Istzustand und Maßnahmenvarianten)
- GIS-Daten
- Schadenspotenzialberechnungen BEAM
- Kostenansätze und -berechnungen für die Maßnahmen (Kostenrahmen)
- Nutzen-Kosten-Berechnungen
- Bericht und Anlagen

Folgende Daten wurden ergänzend im Rahmen des Pilotprojekts vom WVER übergeben:

- Istzustand
 - Abflüsse HQ30 und HQ300 aus N-A-Modell Wurm
- Maßnahmenvariante 20 „Brücke“ in Randerath (EMP Wurm)
 - 2D-Modell mit neuer Brücke und neuem Deich als Vorlage
 - ergänzende Abbildungen
 - Machbarkeitsstudie Dipl.-Ing. Cornelissen für den Kostenansatz des Brückenneubaus in Randerath
- Maßnahmenvariante 21 „2 HRB“ (EMP Wurm)
 - Abflüsse HQ10 bis HQ1000 aus N-A-Modell Wurm
- Einwohnerstatistik Heinsberg nach Stadtbezirken (01.01.2021)

Alle zur Verfügung gestellten Daten wurden gesichtet und auf Verwendbarkeit, Vollständigkeit und Plausibilität geprüft.

3 Termine

Im Rahmen des Pilotprojekts wurden acht Abstimmungstermine mit dem WVER durchgeführt. Für die Termine hatte Hydrotec PowerPoint-Vorträge vorbereitet, anhand derer die Methoden, Ergebnisse und die weiteren Vorgehensweisen besprochen wurden. Tabelle 3-1 listet die Termini und die zugehörigen Anlagen auf.

Tabelle 3-1: Abstimmungstermine und Anlagennummern

Datum Abstimmungstermin	Hydrotec Präsentation als Anlage
25.06.2025	Anlage 3-1
02.07.2025	Anlage 3-2
22.07.2025	Anlage 3-3
29.07.2025	Anlage 3-4
26.08.2025	Anlage 3-5
09.09.2025	Anlage 3-6
23.09.2025	Anlage 3-7
02.10.2025	Anlage 3-8

Die jeweiligen Präsentationsfolien zeigen Bearbeitungszustände, Berechnungsvarianten, Zwischenergebnisse, offene Fragen und Abstimmungen. Im Rahmen der Pilotstudie wurden eine Vielzahl von Sensitivitätsuntersuchungen, Kartendarstellungen und Berechnungsmethoden durchgeführt bzw. angewendet. Die Terminfolien dokumentieren die Bearbeitungschronologie, bei der die „Best Practice“ festgelegt wurde, die in die Handlungsempfehlung mündete.

4 Hydrologische und hydraulische Modellierung

Für die Wurm liegt ein hydrologisches Niederschlag-Abfluss-Modell (N-A-Modell) für das gesamte Einzugsgebiet sowie ein 2D-hydraulisches Modell von Aachen bis zur Mündung in die Rur nördlich von Heinsberg vor. Abbildung 4-1 zeigt das 2D-Modellgebiet der Wurm (roter Umring) sowie das Einzugsgebiet der Wurm (blaue Fläche), das Einzugsgebiet der Rur (hellblaue Fläche), die Gewässer (blaue Linien) und die Verwaltungsbezirke (graue Umringe).

Die hydrologischen Berechnungen wurden vom WVER mit dem N-A-Modell NASIM auf der Grundlage von Bemessungsniederschlägen nach KOSTRA (DVWK-Verteilung) durchgeführt. Als Niederschlagsabminderung wurde analog zum EMP Wurm (Hydrotec 2023) in den hydrologischen Berechnungen generell ein Faktor von 10 % berücksichtigt. Es liegen Zuflusswellen für die Jährlichkeiten $T = 10$ a, 20 a, 30 a, 50 a, 100 a, 100_Klima (auch HQ100+, ca. 180 a), 200 a, 300 a, 500 a und extrem (1.000 a) für den Istzustand vor. Die Ergebnisse wurden als Ganglinien zur Verfügung gestellt. Diese wurden von Hydrotec übernommen und für die 2D-Modellierungen aufbereitet.

Es liegen drei 2D-hydraulische Modelle der Wurm vor (Ober-, Mittel- und Unterlauf) mit einer Gesamtfläche von 54,1 km² und einer Gesamtgewässerlänge von 50,9 km. Für die drei hydraulischen 2D-Teilmodelle wurden im Rahmen des EMP Wurm Berechnungen für die Jährlichkeiten $T = 10, 20, 50, 100, 100_Klima, 200, 500$ und 1.000 a für den Istzustand und den Planzustand „Linienenschutz“ (Maßnahmenvariante 16 im EMP Wurm) durchgeführt. Die vorliegenden hydraulischen Ergebnisse wurden übernommen.

Das hydraulische Modell der Wurm sowie die bereits vorhandenen Ergebnisse wurde unverändert aus dem EMP Wurm übernommen. Im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde bei der Pilotstudie die im Masterplan Wurm verwendete HydroAS-Version 5.5 eingesetzt.

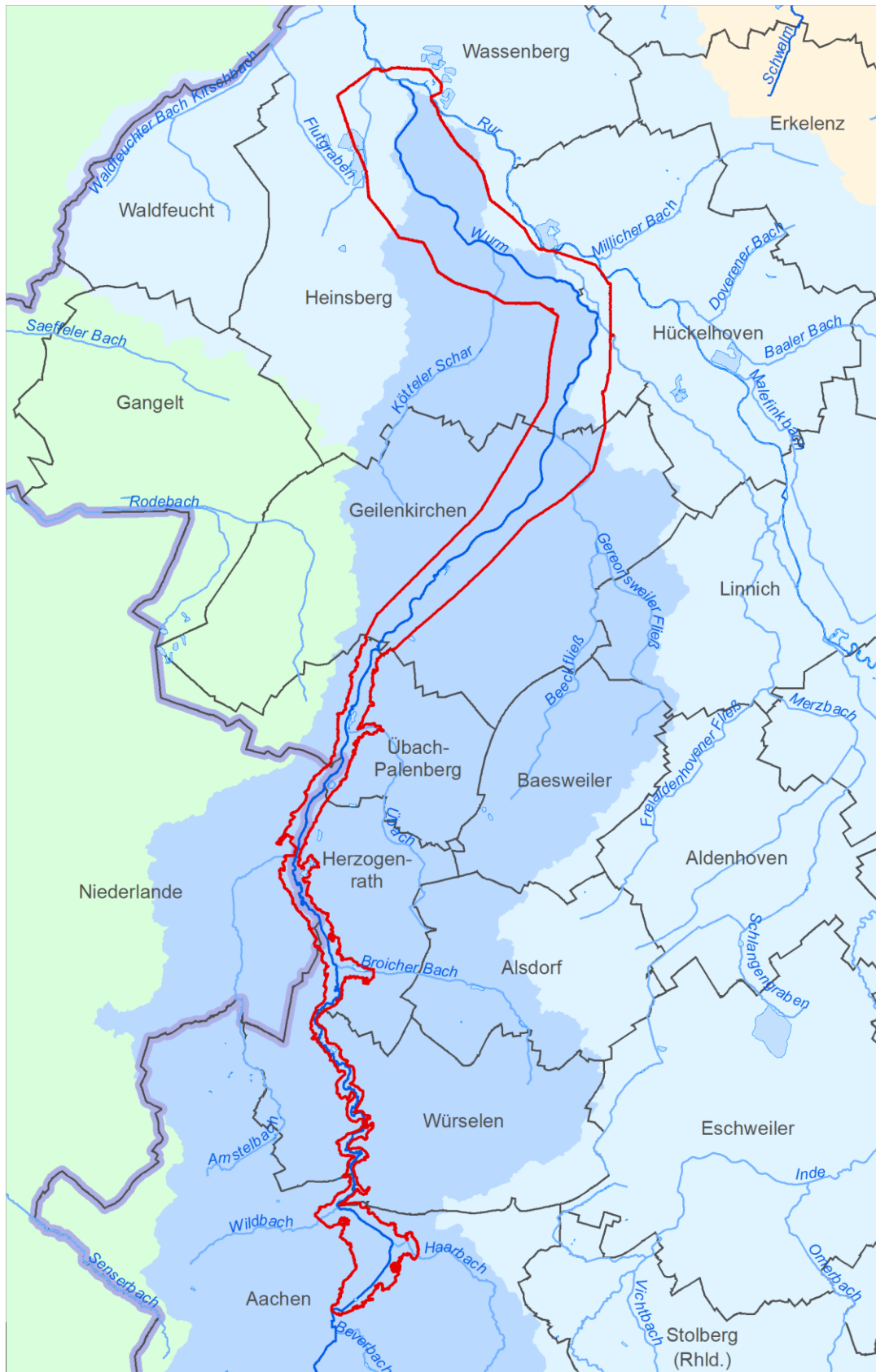
Im Rahmen der Pilotstudie wurden vier Zustände bzw. Varianten untersucht:

- Istzustand: entspricht dem Istzustand im EMP Wurm
- Variante 1: entspricht der Maßnahmenvariante 16 („Linienenschutz“) im EMP Wurm
- Variante 1a: neue Maßnahmenvariante („Brücke und Deich Randerath“)
- Variante 2: neue Maßnahmenvariante („2 HRB“) im EMP Wurm

Bei der Prüfung der Maßnahmenwirkungen wurden folgenden Varianten miteinander verglichen:

- Variante 1 und Variante 1b für den Bereich Randerath
- Variante 1 und Variante 2 für den gesamten Verlauf der Wurm ab Herzogenrath

Für alle berechneten Jährlichkeiten wurden aus den 2D-Ergebnissen die Rasterdaten der Wassertiefen, Fließgeschwindigkeiten und Impulse abgeleitet.



Quelle: Hydrotec 2023

Abbildung 4-1: 2D-Modellgebiet der Wurm (rot) inkl. Einzugsgebiete (Wurm blaue Fläche, Rur hellblaue Fläche), Gewässer (blaue Linien) und Verwaltungsbezirke (grau)

4.1 Istzustand und Variante 1 („Linienenschutz“)

Ergänzend zu den o. g. acht HQ wurden Berechnungen für die Jährlichkeiten $T = 30$ a und $T = 300$ a für den Istzustand und die Variante 1 „Linienenschutz“ durchgeführt. Dazu wurden die vom WVER übergebenen Abflüsse HQ30 und HQ300 aufbereitet und jeweils in die 2D-Modelle integriert.

4.1.1 Istzustand

Das 2D-Modell für den Istzustand wurde aus dem Projekt EMP Wurm übernommen. Es stellt den Istzustand 2023 der Wurm dar.

Die Ergebnisse sind in den Karten der Gefahrenzonen für den Istzustand für die gesamte Wurm (Anlage 5-6) für HQ30, HQ100 und HQ300 dokumentiert.

4.1.2 Variante 1 („Linienenschutz“)

Das 2D-Modell für die Variante 1 wurde aus der Projekt EMP Wurm übernommen („Maßnahmenvariante 16“ im EMP Wurm). Die Tabelle 4-1 aus dem Bericht EMP Wurm listet die im 2D-Modell angesetzten Maßnahmen in den Ortschaften auf, die in der Variante 1 berücksichtigt sind.

Tabelle 4-1: Hydraulische Maßnahmen der Variante 1 („Linienenschutz“), alle Informationen aus dem EMP Wurm

Nr.	Name der Maßnahme	Planungsstatus	Beschreibung	Schutzziel EMP Wurm
Hydraulische Maßnahmen				
1	Renaturierung Porselen/Dremmen	bestehende Planung	Renaturierung der Wurm in zwei Abschnitten. Im Laufe der Untersuchung zeigte es sich, dass die Geländeerhöhung am Industriegebiet Dremmen aufgrund der Wirkung der Renaturierung nicht erforderlich ist.	-
2	Hochwasserschutzdeich Horst	bestehende Planung	Bau eines Deiches vor der Ortschaft	HQ100 (Berechnung); HQ100_Klima (akt. WVER)
3	Hochwasserschutz Randerath inkl. Renaturierung	bestehende Planung	Kombination aus Hochwasserschutzmauern, Deichen, Straßen- bzw. Wegehöhungen, Aufschüttungen und einer Renaturierung	HQ100 (Berechnung); HQ100_Klima (akt. WVER)
4-1	Hochwasserschutzmauer Geilenkirchen unterhalb Kastenprofil	bestehende Planung	Hochwasserschutzmauern links und rechts unterhalb des Kastenprofils. Schwelle im Gewässer wird entfernt	HQ100 (Berechnung); HQ100_Klima (akt. WVER)
4-2	Hochwasserschutzmauer unterhalb Kastenprofil inkl. Abgrabungen oberhalb Geilenkirchen	bestehende Planung und neue Maßnahme	Kombination aus den Maßnahmen 4-1 und 13. Ergänzende Wirkungsanalyse zu Maßnahme 4-1.	HQ100 (Berechnung); HQ100_Klima (akt. WVER)
5	Hochwasserschutzmauer Herzogenrath	bestehende Planung	Hochwasserschutzmauern links und rechts zum Schutz der Innenstadt von Herzogenrath	HQ100
8-1	Hochwasserschutzmauer Geilenkirchen oberhalb Kastenprofil (inkl. Maßnahme 4)	neue Maßnahme und bestehende Planung	Hochwasserschutzmauern links und rechts oberhalb des Kastenprofils und gleichzeitig unterhalb des Kastenprofils (Maßnahme 4-1)	HQ100_Klima

Nr.	Name der Maßnahme	Planungs-status	Beschreibung	Schutzziel EMP Wurm
8-2	Hochwasserschutzmauer Geilenkirchen oberhalb Kastenprofil (inkl. Maßnahme 4) inkl. Abgrabungen oberhalb Geilenkirchen	neue Maßnahme und bestehende Planung	Kombination aus den Maßnahmen 8-1 und 13. Ergänzende Wirkungsanalyse zu Maßnahme 8-1	HQ100_Klima
9	Hochwasserschutz Frelenberg	neue Maßnahme auf Grundlage Vorplanung Stadt Übach-Palenberg	Kombination aus Hochwasserschutzmauer, Abgrabung und Notwasserweg	HQ100
10	Hochwasserschutzmauer Zweibrüggen	neue Maßnahme auf Grundlage Vorplanung Stadt Übach-Palenberg	Hochwasserschutzmauer zum Schutz eines Ortsbereichs	HQ100
11	Hochwasserschutz Porselen/Dremmen: Durchlassvergrößerung Küppers Graben K22 und Verschluss Autobahnbrücke	neue Maßnahme	Vergrößerung Durchlass Küppers Graben unter K22 im Hinblick auf geringeren Rückstau und mobiler Hochwasserschutz Durchlass Autobahnbrücke A44 zum Schutz des Industriegebietes	Durchlass Küppersgraben: -; Durchlass A44: HQextrem
12	Retentionsraum rechts unterhalb Europaplatz und Erhöhung Verwallung links	neue Maßnahme	Absenkung der Verwallung rechtsseitig der Wurm zur Verbesserung der Flutung der landwirtschaftlichen Flächen vor und hinter Gut Kalkofen. Erhöhung der Verwallung links zum Schutz der Bebauung	Verwallung rechts: -; Verwallung links: HQ100
13	Abgrabungen oberhalb Geilenkirchen	neue Maßnahme	Drei Flächenabgrabungen um ca. 1 m zur Schaffung von Retentionsraum oberhalb von Geilenkirchen	-
14	Hochwasserschutzmauer Marienberg	neue Maßnahme	Verlängerung und Erhöhung der vorhandenen Mauer in Marienberg	HQextrem
15	Renaturierung zwischen Zweibrüggen und Frelenberg	neue Maßnahme	Renaturierung auf längerer Strecke zwischen Zweibrüggen und Frelenberg	-

Die Renaturierungsmaßnahmen 1 und 15 sowie die potenziellen Abgrabungen vor Geilenkirchen (Maßnahme 13) haben nur lokale Wirkungen auf die Wasserspiegellagen. Da sie außerhalb von Ortschaften liegen, haben diese Maßnahmen nur einen sehr geringen Einfluss auf die Wasserspiegellagen in den betroffenen Ortschaften. Diese drei Maßnahmen wurden im Rahmen der Auswertungen im Risikobasierten HWSK daher nicht berücksichtigt.

Die in der Tabelle 4-1 dargestellten Maßnahmen in den Ortschaften setzen sich aus einer Vielzahl von Teilmaßnahmen zusammen. Diese sind den Maßnahmensteckbriefen im EMP Wurm zu entnehmen.

Die Überschwemmungsgebiete sind vergleichend für den Istzustand und Variante 1 für Rand-erath in der Abbildung 4-2 für das HQ100 dargestellt und zeigen in diesem Bereich die Wirkung der Maßnahmen.

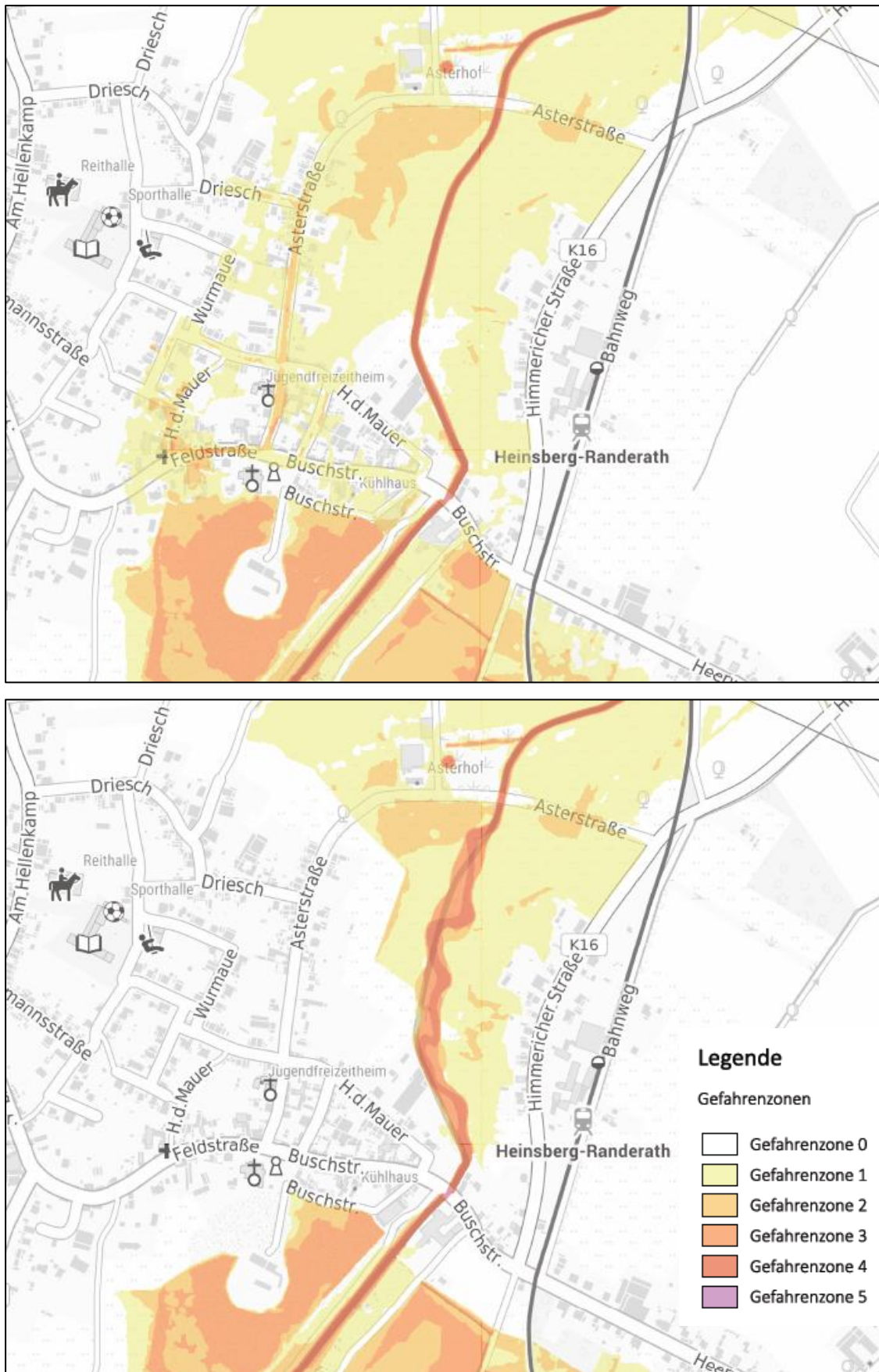


Abbildung 4-2: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte HQ100 in Randerath, oben Istzustand, unten Variante 1 inkl. Farblegende

Die Ergebnisse sind in den Karten der Gefahrenzonen für die Variante 1 (Anlage 5-7) für die gesamte Wurm dokumentiert.

4.2 Entwicklung von neuen Varianten

Im Rahmen des Pilotprojektes wurden zwei neue Varianten untersucht:

- Variante 1a „Brücke und Deich in Randerath“
 - Neubau einer Brücke in Randerath in Kombination mit einer ergänzenden Linien-schutzmaßnahme (Deich)
 - Diese Variante dient als theoretische Alternative zur Variante „Linien-schutz“ in der Ortschaft Randerath für Vergleichszwecke.
- Variante 2 „2 HRB“
 - Bau von zwei Hochwasserrückhaltebecken in Herzogenrath („Alter Bahndamm“) und in Rimbürg
 - Diese Variante dient als theoretische Alternative zur Variante „Linien-schutz“ für Vergleichszwecke.

Bei der Variante 1a werden **hydraulische Maßnahmen** untersucht, d. h. die Maßnahmen sind lokale bauliche Maßnahmen am Gewässer, im Vorland oder in der Ortschaft Randerath, so dass Überflutungen verhindert, Fließwege verändert oder Wasserspiegellagen verringert werden. Die Abflussscheitelwerte in der Wurm werden hierdurch nicht maßgeblich verändert.

Die Variante 2 wird als **hydrologische Maßnahmen** deklariert, da die Errichtung von HRB die Abflussscheitelwerte bei bestimmten Jährlichkeiten wesentlich verringern.

Für beide neuen Varianten wurden hydraulische Simulationen für die 10 Jährlichkeiten T = 10 a, 20 a, 30 a, 50 a, 100 a, 100_Klima (auch HQ100+, ca. 180 a), 200 a, 300 a, 500 a und extrem (1.000 a) durchgeführt.

4.2.1 Variante 1a „Brücke und Deich Randerath“

Im EMP Wurm wurde für die Maßnahmenvariante 3 eine Kombination aus Hochwasserschutzmauern, Deichen, Straßen- bzw. Wegerhöhungen, Aufschüttungen und einer Renaturierung untersucht. Das Schutzziel betrug HQ100, die Maßnahmen wurden mit einem Freibord von 50 cm in das 2D-Modell eingearbeitet. Das 2D-Modell dieser Maßnahmenvariante wurde als Grundlage für die hydraulischen Berechnungen der Variante 1a genutzt.

In enger Abstimmung mit dem WVER wurden zwei neu geplante Teilmaßnahmen in Randerath in das 2D-Modell eingearbeitet:

- im Rahmen des Pilotprojektes geplanter Deich (Teilmaßnahme 20-14, Pilotprojekt)
- im Rahmen des Pilotprojektes geplante Brücke in Randerath (Teilmaßnahme 20-15, Pilotprojekt)

Im Zuge der o. g. zwei neuen Teilmaßnahmen konnten bei der Variante 1a drei Teilmaßnahmen aus der Maßnahmenvariante 3 des EMP Wurm entfallen:

- Neubau (Verlängerung) Mauer (Teilmaßnahme 3-4, EMP Wurm)
- Neubau Deich (Teilmaßnahme 3-6, EMP Wurm)
- Wegerhöhung Wirtschaftsweg zur Burg (Teilmaßnahme 3-7, EMP Wurm)

Der Steckbrief zur hydraulischen Maßnahmenvariante 20 im EMP Wurm ist in der Anlage 4-1 ersichtlich (Layout entsprechend dem EMP Wurm). Die Abbildung 4-3 zeigt die Lage der Teilmaßnahmen in Randerath für die Variante 1a.

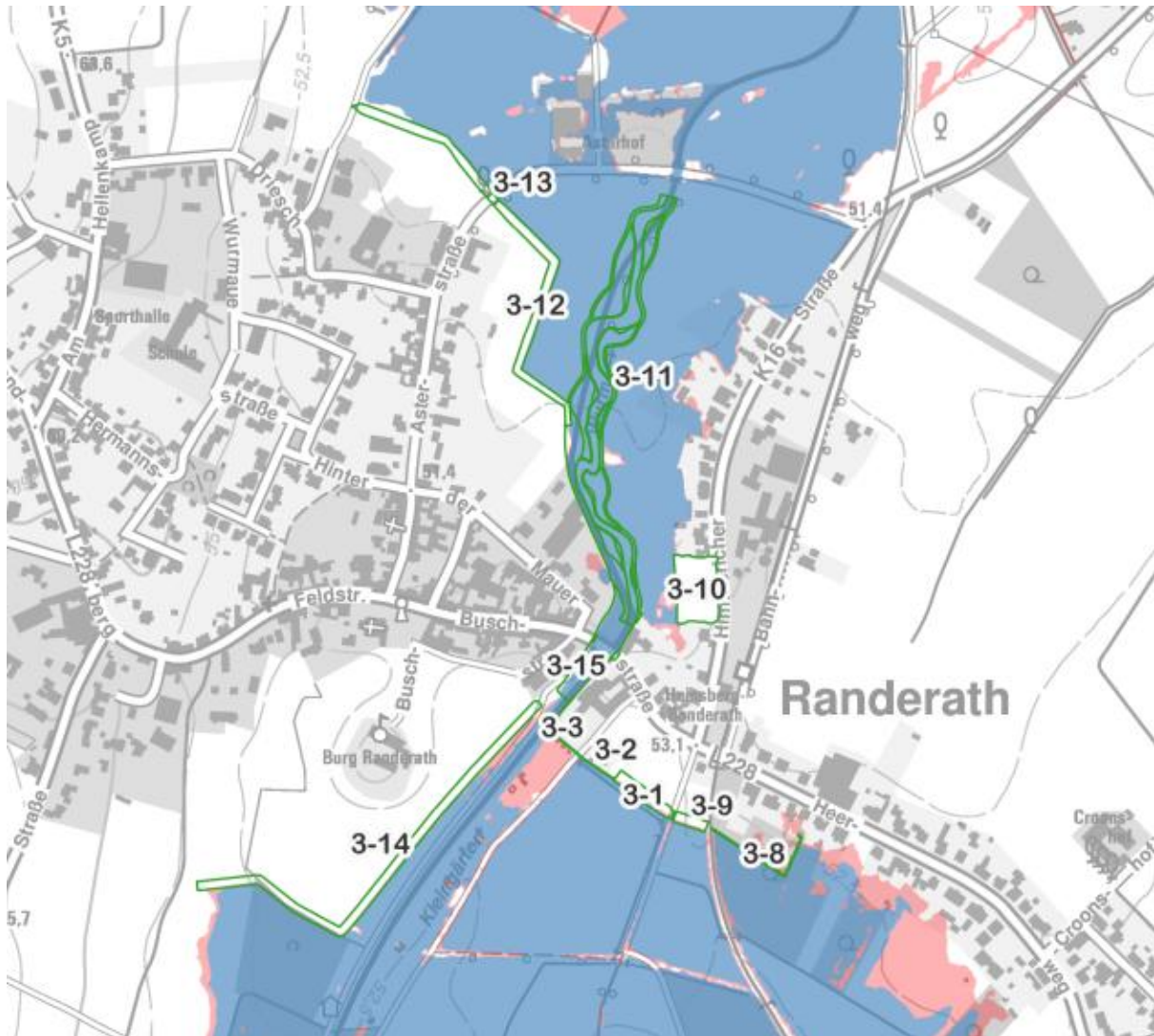


Abbildung 4-3: Überschwemmungsgebiete und Teilmaßnahmen der Variante 1a in Randerath (blau: HQ100, rot: HQ100Klima), Darstellung entsprechend EMP Wurm

Hydraulische Berechnungen

Das hydraulische Modell der Wurm für die Maßnahmenvariante 3 wurde aus dem EMP übernommen.

Die im Rahmen des Pilotprojektes geplante Brücke in Randerath (Teilmaßnahme 20-15) wurde entsprechend den übergebenen Grundlagendaten in das Modell eingearbeitet.

Zur Ermittlung der tatsächlichen Länge und Höhe des im Rahmen des Pilotprojektes geplanten Deichs (Teilmaßnahme 20-14) wurde die erforderliche Deichhöhe durch iterative 2D-Simulationen ermittelt (s. auch Bericht EMP Wurm, Seiten 42, 43). Die erforderlichen Höhen und Längen des Deichs wurden auf der Grundlage der Wasserspiegellagenergebnisse eingearbeitet. Auf die Wasserspiegellage des Schutzzielabflusses (HQ100) wurde der erforderliche Freibord (50 cm) aufaddiert. Diese Höhe entspricht der Deichhöhe im jeweiligen Gewässerabschnitt. Der Deich wurde auch in den Bereichen verlängert, in denen kein Wasser direkt ansteht, damit dort die Freibordregel zur Überprüfung des Basisschutzes für höhere Jährlichkeiten berücksichtigt wird. Die Linienschutzmaßnahme kann, entsprechend der Realität, bei größeren Hochwasserereignissen als das Schutzziel ggf. überströmt werden.

Mit dem 2D-Modell für die Variante 1a wurden die hydraulischen Simulationen für alle 10 HQ durchgeführt und die Ergebnisse geprüft und ausgewertet.

Die im Rahmen des Pilotprojektes untersuchte Brücke bewirkte einen geringen Aufstau im Oberwasser und kompensiert den möglichen Aufstau infolge der Einschnürungen durch die Linienchutzmaßnahmen rechts und links der Wurm in der Ortslage Randerath.

Der im Rahmen des Pilotprojektes untersuchte Deich am linken Ufer wird bis zum HQ200 nicht überströmt. Erst ab einem HQ300 wird dieser geringfügig überströmt und es werden unbebaute Gebiete angeströmt.

Die Hochwasserschutzmaßnahmen am rechten Ufer werden bereits ab einem HQ100Klima überströmt.

Auf der Grundlage des Risikobasierten HWSK gilt für die Freibordberücksichtigung („Wasserstandsachweis“) bei Deichen zur Überprüfung des Basisschutzes:

- Schutzziel HQ30: Bei HQ100 darf der Freibord (50 cm) zu 50 % ausgenutzt werden.
- Schutzziel HQ100: Bei HQ300 darf der Freibord (50 cm) zu 100 % ausgenutzt werden.

Die Deiche in Randerath dürfen somit bei einem HQ300 nicht überströmt werden, es muss kein Freibord vorhanden sein. Eine seitliche Umströmung der Deiche ist zulässig. Hochwasserschutzmauern dürfen überströmt werden. Aufgrund der Kriterien wurden die Deiche am linken und rechten Ufer für das HQ300 überprüft:

- Die Deiche 3-1, 3-9, 3-12 und 3-13 werden bei einem HQ300 nicht überströmt.
- Der Deich 20-14 wird bei einem HQ300 überströmt und muss um im Mittel 7 cm erhöht werden, damit keine Überflutung vorliegt (kein Freibord).

Im Hinblick auf die Bewertung der Hochwasserschutzwirkung der Gesamtmaßnahme sind die potenziellen Überströmungen der Mauern bei HQ300 zu beachten:

- Die Mauer 3-2 wird bei einem HQ300 nicht überströmt.
- Die Mauern 3-3 und 3-8 werden bei einem HQ300 um- bzw. überströmt.

Die Überschwemmungsgebiete sind vergleichend für den Istzustand und Variante 1a für Randerath in der Abbildung 4-4 für das HQ300 dargestellt und zeigen in diesem Bereich die Wirkung der Maßnahmen.

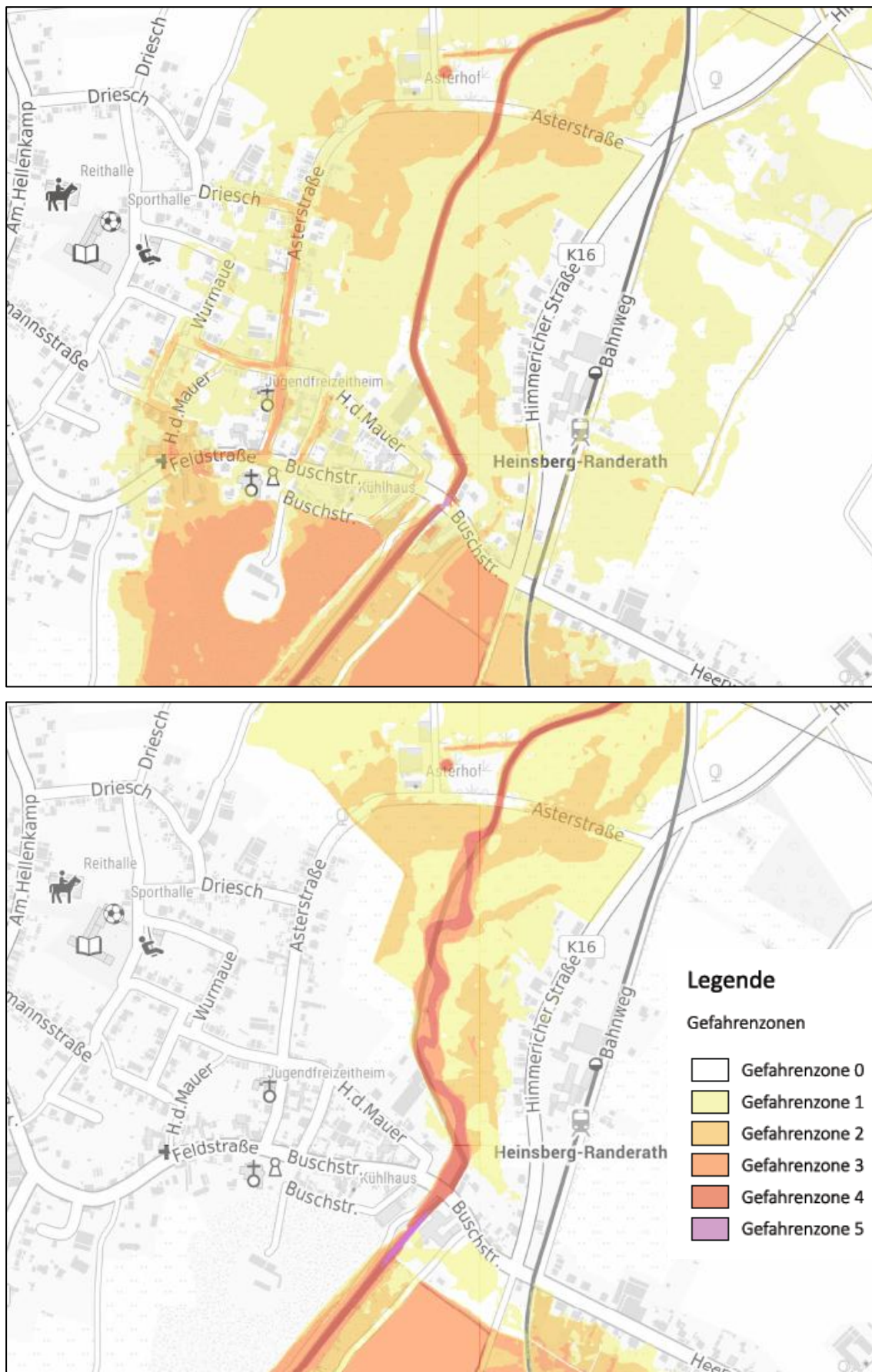


Abbildung 4-4: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte HQ300 in Randerath, oben Istzustand, unten Variante 1a inkl. Farblegende

Die Ergebnisse sind in den Karten der Gefahrenzonen für die Variante 1a (Anlage 5-8) für den Bereich Randerath dokumentiert.

Basisschutzziel

Im Rahmen des Risikobasierten HWSK wurden die erforderlichen Maßnahmen und Maßnahmenabmessungen weiterhin im Hinblick auf den angestrebten Basisschutz überprüft (vgl. Kapitel 5.4 und 10). Ziel ist, dass die Maßnahmen in Randerath den Basisschutz für die Hochwasserabflüsse HQ30, HQ100 und HQ300 gewährleisten. Für das Bemessungsziel HQ100 werden die Linienschutzmaßnahmen in Randerath nicht überströmt, daher ist das Basisschutzziel für HQ30 und HQ100 in Randerath für die vulnerablen Bereiche erfüllt. Bei HQ300 werden die Deiche nicht überströmt, aber einige Hochwasserschutzmauern über- bzw. umströmt. Die Risikokarte für das HQ300 der Variante 1a zeigt, dass geringfügige Überflutungen in vulnerablen Bereichen vorliegen, das Basisschutzziel auf der Grundlage der erlaubten Gefährdungen jedoch eingehalten wird (vgl. Anlage 5-12).

4.2.2 Variante 2 „2 HRB“

Bei der Untersuchung EMP Wurm wurden im Hinblick auf neue HRB drei Maßnahmenvarianten untersucht:

- Maßnahmenvariante 6a und 6b (EMP Wurm, HRB „Alter Bahndamm“ Herzogenrath) mit unterschiedlichen Schutzzielen
- Maßnahmenvariante 7 (EMP Wurm, HRB Rimburg)

Im Pilotprojekt wurde eine neue hydrologische Alternative bestehend aus zwei neuen HRB, welche gemeinsam wirken, untersucht:

- im Rahmen des Pilotprojektes untersuchter Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens am Standort „Alter Bahndamm“ vor Herzogenrath. Das Volumen des Beckens wird mit 140.000 m³, der Drosselabfluss mit 45 m³/s angesetzt (entspricht ca. einem HQ50).
- im Rahmen des Pilotprojektes untersuchter Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens oberhalb „Schloss Rimburg“ in Übach-Palenberg. Das Volumen des Beckens wird mit 770.000 m³, der Drosselabfluss mit 29 m³/s angesetzt (entspricht einer Abgabe kleiner HQ10).

Die HRB sollen jeweils ein maximal mögliches Rückhaltevolumen bei HQ100 nutzen. Die Drosselwassermengen wurden vom WVER iterativ (ungesteuert) so ermittelt, dass die potenziellen Volumina bei HQ100 maximal ausgenutzt werden.

Das HRB „Alter Bahndamm“ wirkt ab einem Hochwasserabfluss größer HQ50. Es sind aber bei der Variante 2 immer noch Überflutungen in den bebauten Gebieten von Herzogenrath vorhanden (vgl. Abbildung 4-5). Die Wirkung ist insgesamt gering.

Das HRB Rimburg wirkt spürbar bei HQ100 bis zur Mündung in die Rur, auch für alle HQ kleiner HQ100, da eine Retentionswirkung des HRB bereits bei Ereignissen kleiner HQ10 vorliegt. Beispielhaft sind die Überschwemmungen in Geilenkirchen in der Abbildung 4-6 gegenübergestellt und zeigen in diesem Bereich die Wirkung der Maßnahmen.

Der Steckbrief zur hydrologischen Maßnahmenvariante 21 im EMP Wurm ist in der Anlage 4-1 ersichtlich (Layout entsprechend dem EMP Wurm).

Die Ergebnisse sind in den Karten der Gefahrenzonen für die Variante 2 (Anlage 5-9) für die gesamte Wurm ab Herzogenrath dokumentiert.

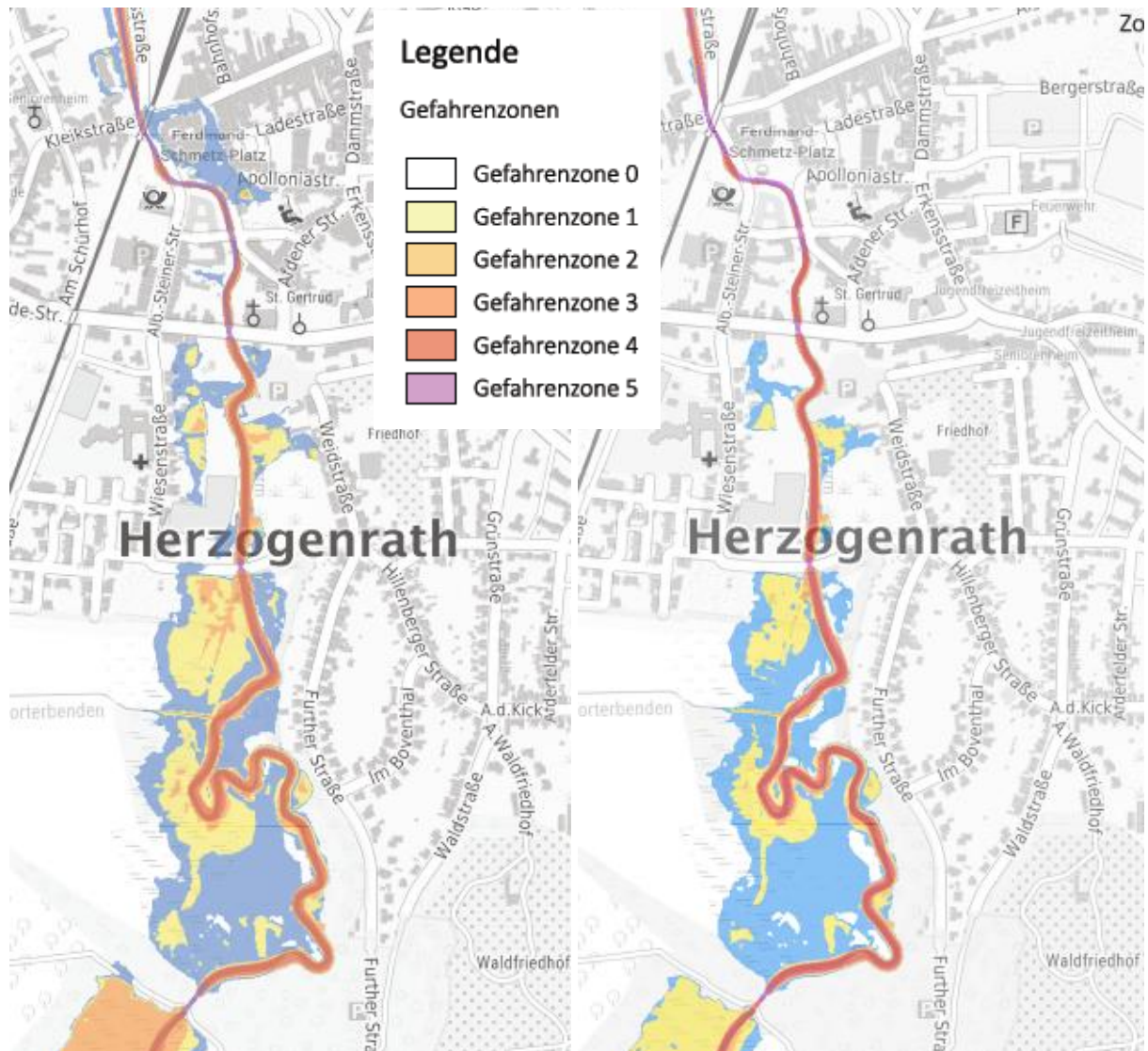


Abbildung 4-5: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte HQ100 in Herzogenrath, links Istzustand, rechts Variante 2 inkl. Farblegende

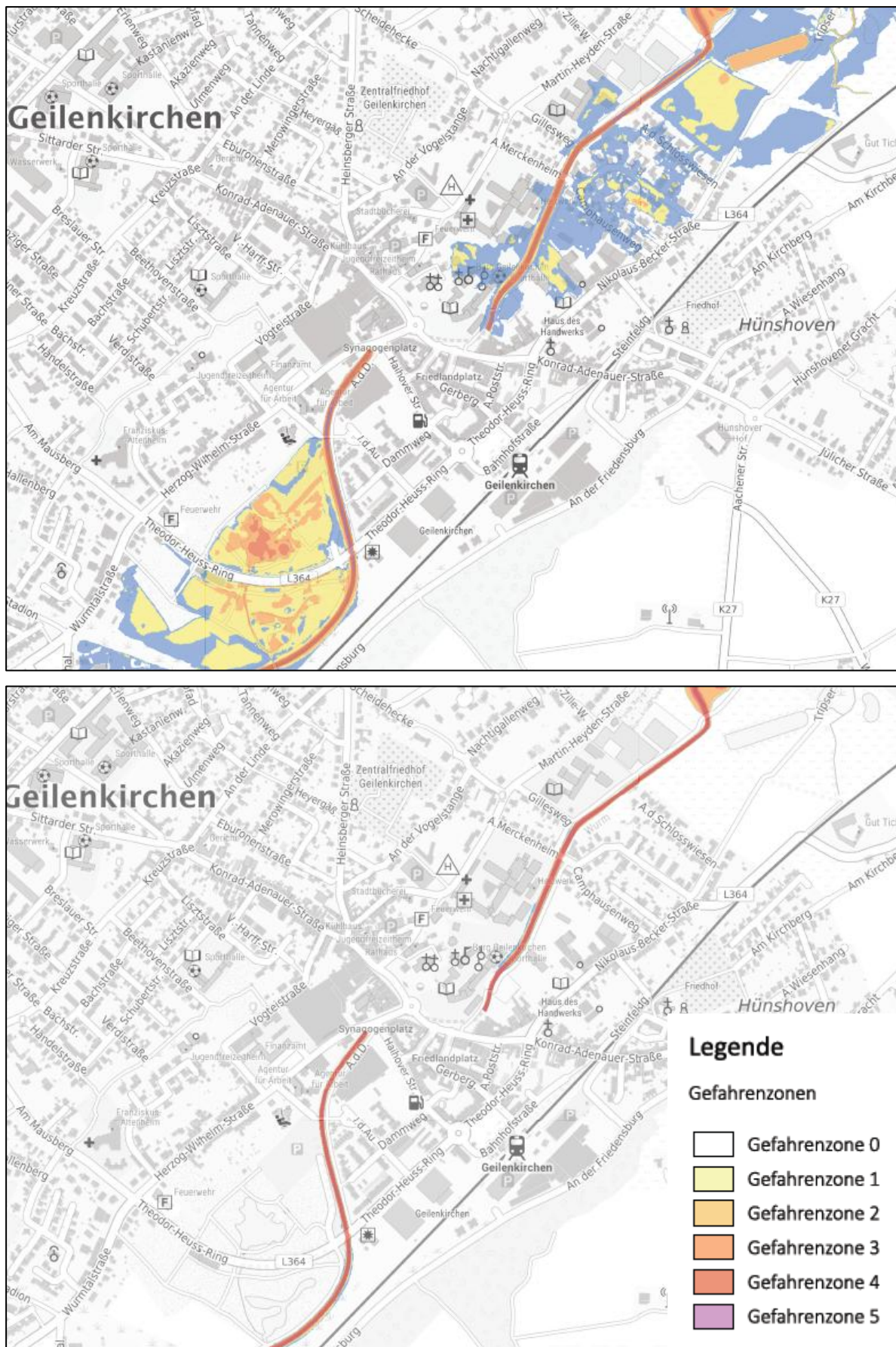


Abbildung 4-6: Ausschnitt Gefahrenzonenkarte HQ100 in Geilenkirchen
links Istzustand, rechts Variante 2 inkl. Farblegende

5 Ermittlung von Gefahrenzonen und Risikobereichen nach neuem Ansatz für die vorhandenen und neuen 2D-Simulationen für HQ30, HQ100 und HQ300

Gemäß den „Empfehlungen zur Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten in NRW“ (Hochwasserkommission 2024) ergibt sich das Risiko für die Unversehrtheit von Menschen bei Hochwasser aus der Definition

$$\text{Risiko} = \text{Gefährdung} \times \text{Vulnerabilität}$$

Somit sind für die Risikoeinschätzung (Risikobereiche, vgl. Kapitel 5.4) die Gefährdungen (Gefahrenzonen, vgl. Kapitel 5.3) sowie die vulnerablen Bereiche (vgl. Kapitel 5.1) zu ermitteln und zu verschneiden.

Ergänzend werden im Rahmen der Pilotstudie die potenziell betroffenen Einwohnerinnen und Einwohner aus vorliegenden Grundlagendaten je Hochwasserjährlichkeit (vgl. Kapitel 5.2) berechnet.

Alle abgestimmten und festgelegten GIS-Ermittlungen der Flächen sind in Anhang 4 dargestellt.

5.1 Ermittlung Vulnerabilitätsbereiche

Die Vulnerabilität von Menschen in Überflutungsgebieten wird über die Flächennutzung ermittelt. Dafür werden in den „Empfehlungen zur Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten in NRW“ (Hochwasserkommission 2024) folgende Vulnerabilitätsbereiche definiert:

- In **geschlossenen Siedlungen** sind viele Menschen betroffen und es wird grundsätzlich von einer hohen Vulnerabilität ausgegangen. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um Innenstadtkerne, Siedlungen mit einer hohen Dichte an medizinischen und sozialen Einrichtungen oder um reine Wohnbereiche handelt.
- Bei **Einzelgebäuden** außerhalb geschlossener Siedlungen sind wenige Menschen betroffen, damit ergibt sich eine geringe Vulnerabilität.
- Bei **unbebautem Gelände** liegt praktisch keine Vulnerabilität vor. Dass sich dort während eines Hochwasserereignisses Menschen aufhalten, die sich nicht rechtzeitig in Sicherheit bringen können, ist äußerst unwahrscheinlich.

Bei allen Ermittlungen der Vulnerabilitätsbereiche wurden alternative GIS-Vorgehensweisen untersucht und diese mit den Beteiligten bewertet, abgestimmt und festgelegt.

Geschlossene Siedlungen

Als GIS-Datengrundlage für geschlossene Siedlungsgebiete wurden die GIS-Daten des Basis-DLM genutzt. Im GIS-Layer sind fünf unterschiedliche Polygone für Siedlungsklassen enthalten (sie01_f bis sie05_f). Die unterschiedlichen Siedlungsklassen wurden auf Inhalt und Verwendbarkeit geprüft. Die Klasse „sie01“ enthält eine Objektart („AX_Ortslage“). In Abstimmung mit dem Auftraggeber (AG) wurde die Klasse „sie01__f“ als Vorgabe für ein geschlossenes Siedlungsgebiet im Hinblick auf den Vulnerabilitätsbereich verwendet. Die Auswahl von Klasse „sie01“ entspricht auch dem Vorgehen für die Untersuchung zum „Deichkataster“, die Hydrotec 2025 für das MUNV bearbeitet hat.

Einzelgebäude

Als GIS-Datengrundlage für Einzelgebäude wurden die Gebäude des ALKIS-Datensatzes verwendet. Die Anlage 5-1 dokumentiert die abgestimmten und festgelegten Objekte für die Definition von Einzelgebäuden.

Unbebautes Gelände

Flächen außerhalb von geschlossenen Siedlungsgebieten und außerhalb der ermittelten Einzelgebäude werden als unbebaut definiert.

Besonders vulnerable Einzelobjekte

Ergänzend wurde in der Pilotstudie Wurm ein weiterer Gefährdungsbereich untersucht, der Bereiche bzw. Objekte mit besonderer Vulnerabilität berücksichtigen soll. In Abstimmung mit den Beteiligten wurde festgelegt, dass kein ergänzender Gefährdungsbereich zu den o. g. drei Bereichen definiert wird.

Als zusätzliche Information in den Karten werden jedoch „besonders vulnerable Einzelobjekte“ dargestellt. In Abstimmung mit dem AG wurden hier drei Unterklassen festgelegt, die verschiedene Vulnerabilitätsstufen berücksichtigen:

- höchst vulnerabel
 - Objekte, in denen sich potenziell Personen aufhalten, die nicht mobil sind und sich somit nicht eigenständig aus dem Gefahrenbereich begeben können
 - Beispiele: Krankenhaus, Seniorenheim, Kindergarten
- hoch vulnerabel
 - Objekte, in denen sich potenziell Personen aufhalten, die sich ggf. zum Teil nicht eigenständig aus dem Gefahrenbereich begeben können
 - Beispiele: Schulen, Jugend- und Freizeitheim
- funktionale Gebäude
 - Objekte, in denen sich Personen aufhalten, die im Rahmen der Gefahrenabwehr, des Katastrophenschutzes und der Soforthilfe bei Hochwasserereignissen eingesetzt werden
 - Beispiele: Feuerwehr, Technisches Hilfswerk (THW), Polizei, Rathaus

Die Tabelle 5-1 zeigt für die drei Unterklassen die festgelegten Vulnerabilitätsstufe der Einzelobjekte. Diese sind ergänzend in der Anlage 5-2 dokumentiert.

Tabelle 5-1: Besonders vulnerable Einzelobjekte und Einstufung nach Unterklassen

Funktion Objekt	Unter- klasse	Vulnerabilitätsstufe
Ärztelhaus, Poliklinik	1	höchst vulnerabel
Heilanstalt, Pflegeanstalt, Pflegestation	1	höchst vulnerabel
Kinderheim	1	höchst vulnerabel
Kinderkrippe, Kindergarten, Kindertagesstätte	1	höchst vulnerabel
Krankenhaus	1	höchst vulnerabel
Seniorenfreizeitstätte	1	höchst vulnerabel
Seniorenheim	1	höchst vulnerabel
Allgemeinbildende Schule	2	hoch vulnerabel
Berufsbildende Schule	2	hoch vulnerabel
Hochschulgebäude (Fachhochschule, Universität)	2	hoch vulnerabel
Jugendfreizeitheim	2	hoch vulnerabel
Jugendherberge	2	hoch vulnerabel
Justizvollzugsanstalt	2	hoch vulnerabel
Obdachlosenheim	2	hoch vulnerabel
Schullandheim	2	hoch vulnerabel

Funktion Objekt	Unter- klasse	Vulnerabilitätsstufe
Schwesterwohnheim	2	hoch vulnerabel
Studenten-, Schülerwohnheim	2	hoch vulnerabel
Rathaus	3	funktionale Gebäude
Rathaus; Post	3	funktionale Gebäude
Verwaltungsgebäude	3	funktionale Gebäude
Feuerwehr	3	funktionale Gebäude
Gebäude für Fernmeldewesen	3	funktionale Gebäude
Gebäude für Sicherheit und Ordnung	3	funktionale Gebäude
Kreisverwaltung	3	funktionale Gebäude
Polizei	3	funktionale Gebäude

In den Karten werden diese Gebäude abhängig von ihrer Klasseneinstufung farblich gekennzeichnet und im Hinblick auf ihre Funktion gelabelt.

In den Karten werden als nachrichtliche Darstellung ergänzend folgende Risikopunkte mit aufgenommen:

- **Industrieanlagen:**
Dies sind Anlagen nach der Industrieemissionsrichtlinie (IED-, PRTR- bzw. Störfallanlagen). Die Symbolik entspricht der in der HWRK (Quelle: WasserBLick).
- **Risiko-Hotspots:**
Dabei handelt es sich um öffentlich zugängliche Punkte, bei denen Personen in Gefahr geraten können, weil sie überrascht und eingeschlossen werden können (keine Möglichkeiten zur Flucht):
 - Geländetiefpunkte, Unterführungen, Senken
 - Abgänge zu Unterführungen
 - öffentliche Tiefgaragen
 - tiefliegende Fußgängerpassagen

Diese können in Anlehnung an das DWA Merkblatt 119 „Risikomanagement kommunale Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen“ (DWA 2016) bzw. an die nordrhein-westfälische „Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement“ (MUNLV 2018) identifiziert werden.

Die Risiko-Hotspots wurden im Rahmen der Pilotstudie Wurm nicht erhoben.

Die Abbildung 5-1 zeigt die Legende der Vulnerabilitätskarte, Abbildung 5-2 zeigt eine Beispielkarte.

Legende

Besonders vulnerable Gebäude

- Höchst vulnerabel
- Hoch vulnerabel
- Funktionale Gebäude

Nachrichtliche Darstellung

-  Industrieanlagen (IED-, PRTR- bzw. Störfallanlagen)
-  Risiko-Hotspots

Vulnerabilitätsbereiche

- Geschlossene Siedlung
- Einzelgebäude
- Unbebaute Fläche



TopPlusOpen © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2025)

Abbildung 5-1: Legende der Vulnerabilitätskarte

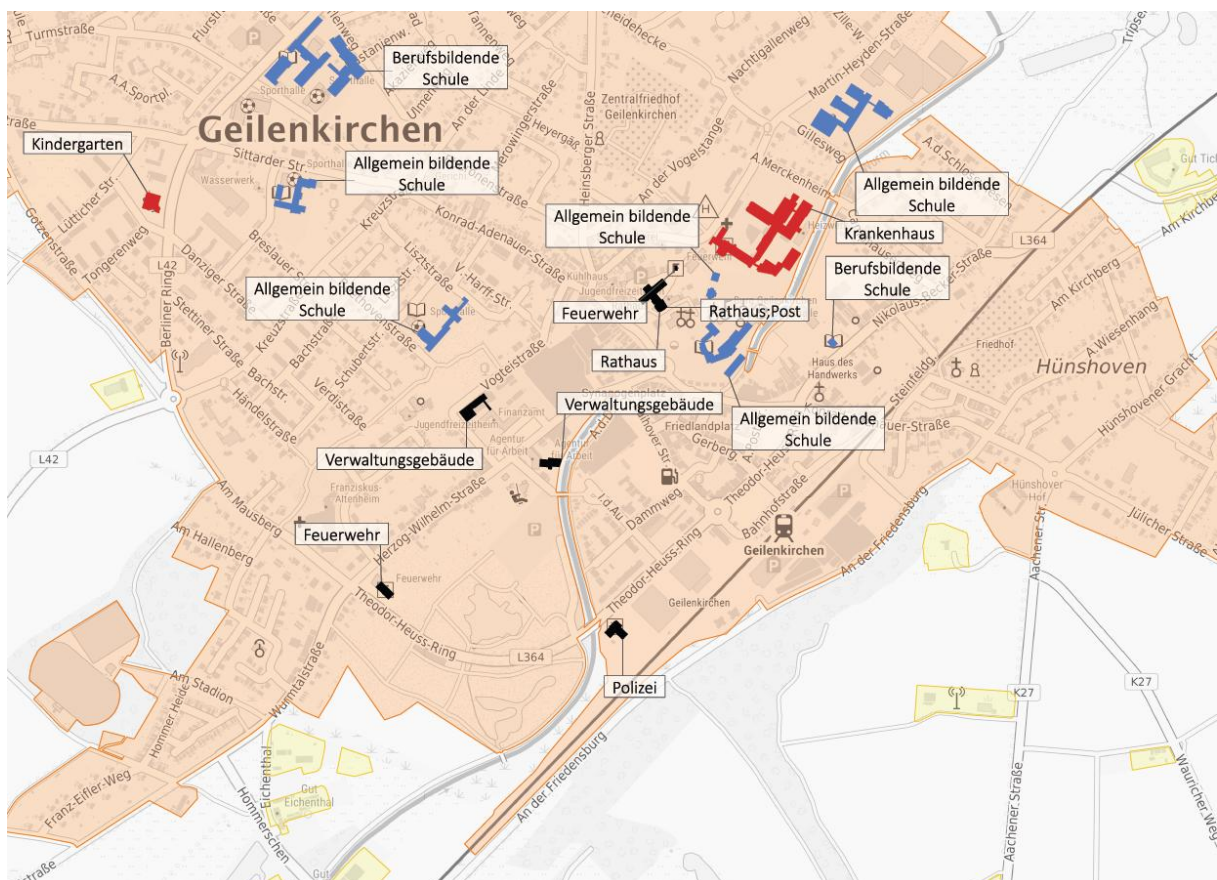


Abbildung 5-2: Beispielkarte Vulnerabilitätsbereiche (hier: Ausschnitt Geilenkirchen)

Ergebnis

Alle o. g. Vulnerabilitätsbereiche wurden abschließend um die 2D-Gewässerschlauch-Fläche verkleinert. Dies berücksichtigt, dass sich im Bachbett generell keine Personen aufhalten. Die querenden Brücken wurden jedoch über eine GIS-Abfrage nicht ausgestanzt, da sich hier potenziell Personen bei Hochwasserereignissen befinden können.

Weiterhin ist zu prüfen, ob **größere Wasserflächen** in den Vulnerabilitätsbereichen liegen. Dies können Seen, Teiche, Baggerlöcher, Burggräben oder Mündungsbereiche von Nebengewässern sein. Diese sollten aus den Vulnerabilitätsbereichen ebenfalls entfernt werden. Diese Flächen ergeben bei den Schadenpotenzialberechnungen hohe unplausible Schäden (vgl. Kapitel 6.3).

In Anlage 5-3 sind die im Rahmen dieser Untersuchung erarbeiteten Karten der Vulnerabilitätsbereiche an der Wurm im Maßstab 1 : 5.000 dargestellt.

In der Anlage 5-4 sind die besonders vulnerablen Gebäude bzw. Objekte für den Istzustand und die Varianten je Unterklasse, Bereich und HQ dargestellt. Vulnerable Gebäude sind bis zu einem HQ300 nur in den Ortslagen Aachen, Geilenkirchen, Porselen und Übach-Palenberg betroffen. In Randerath sind keine vulnerablen Objekte betroffen, daher ist zu diesem Aspekt keine Auswertung für die Variante 1a erforderlich.

Die Abbildung 5-3 zeigt eine Beispielkarte (Maßstab 1 : 5.000).

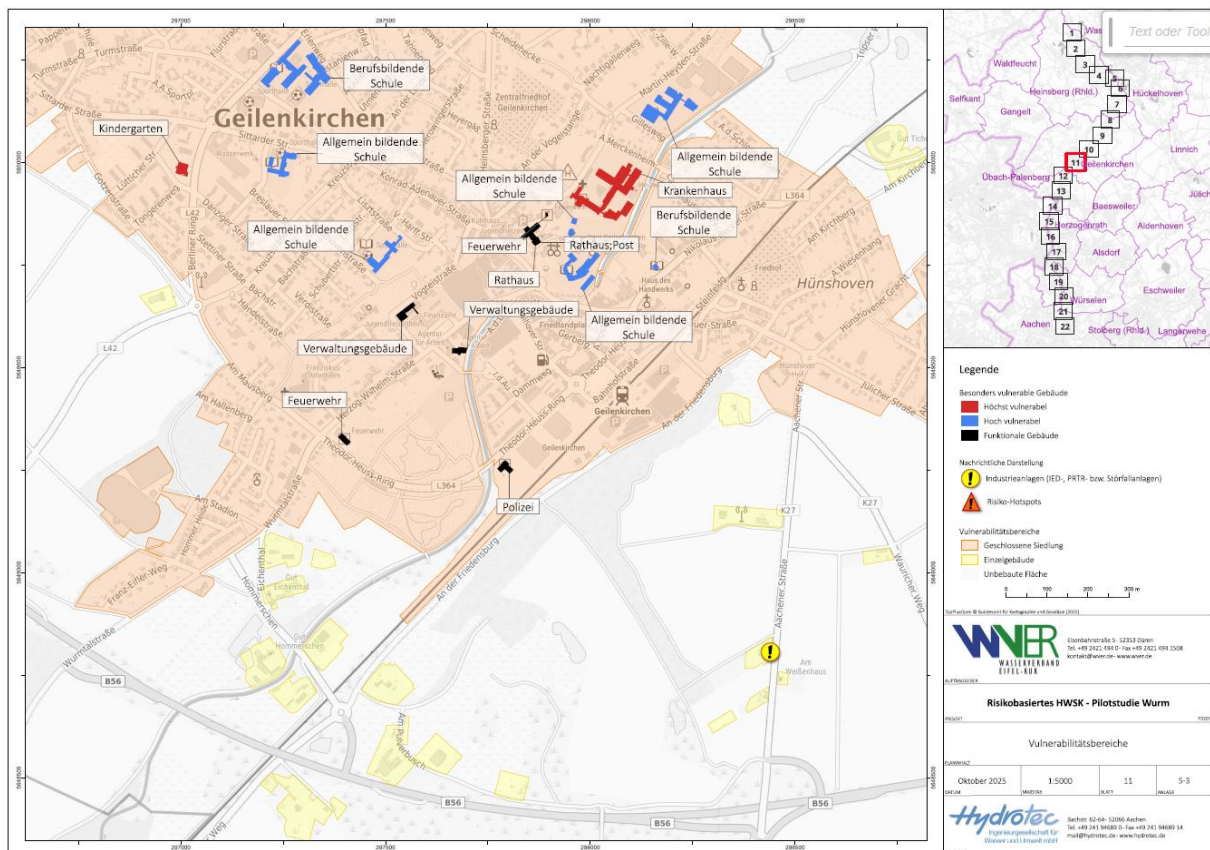


Abbildung 5-3: Beispielkarte Vulnerabilitätskarte (hier: Geilenkirchen)

5.2 Ermittlung betroffener Einwohnerinnen und Einwohner

Im Rahmen des Pilotprojektes Wurm wurden die potenziell durch Hochwasser betroffenen Einwohner (EW) ermittelt. Diese Ermittlung wurde je Variante und Jährlichkeit auf der Grundlage der Überschwemmungsgebietsflächen durchgeführt.

Die Anzahl der Einwohner kann nur überschläglich auf der Basis vorliegender Grundlagendaten ermittelt werden. Es wurde eine Sensitivitätsuntersuchung für den Stadtteil Randerath (Heinsberg) durchgeführt. Dazu konnten folgende Grundlagendaten genutzt werden:

- Einwohnerzahlen lt. WasserBLlck-Daten NRW (EW je Kommune)
- Einwohnerzahlen der Stadt Heinsberg (Auswertung aus dem Melderegister der Stadt Heinsberg, Meldebevölkerung zum 01.01.2021), Datentabelle des WVER
- Zensus 2022 (100 x 100 m Rasterzellen mit Einwohnerwerten)

Die Werte aus WasserBLlck sind ungenauer, da sie sich auf die gesamte Kommune (hier Kreis Heinsberg) beziehen. Die vom WVER übergebene Tabelle aus dem Melderegister der Stadt Heinsberg für den Stadtteil Randerath geben eine genauere Summe der Einwohner wieder. Die angegebenen (Gesamt-)Einwohnerzahlen wurden auf die Gesamtgebäudeanzahl in der Kommune bzw. im Stadtteil umgerechnet. Die Berechnung der betroffenen Einwohnerzahlen wurde über das Verhältnis „Gebäudeanzahl im ÜSG / Gesamtgebäudezahl“ ermittelt.

Es ist davon auszugehen, dass die ZENSUS-Daten die genaueste Datengrundlage darstellen, da die Einwohner je Hektar (100 x 100 m Raster) georeferenziert angegeben sind.

Die Prüfung der o. g. drei unterschiedlichen Grundlagendaten zeigt Tabelle 5-2 für die drei Ereignisse HQ30, HQ100 und HQ300.

Tabelle 5-2: Ermittlung der betroffenen Einwohner von Randerath für drei unterschiedliche Methoden und Datenquellen, dargestellt für drei Jährlichkeiten

Quelle Einwohnerzahlen	HQ30	HQ100	HQ300
	EW	EW	EW
Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG (WasserBLlck)	291	343	444
Melderegister der Stadt Heinsberg	225	268	346
ZENSUS 2022	224	278	396

Der Vergleich zeigt, dass die Zensusdaten für HQ30 und HQ100 gut zu den Daten des Melderegisters passen. Die WasserBLlck-zahlen sollten nicht verwendet werden. Mit den Beteiligten wurde abgestimmt, dass die ZENSUS-Daten am geeignetsten sind, um die genauesten Zahlen für die potenziell vom Hochwasser betroffenen Einwohner zu erhalten.

Es werden die Gesamtzahlen je Ortsteil als Wert in den Karten der Gefahrenzonen und Risikobereiche dargestellt. Dabei wird eine weitere Aufteilung von potenziell betroffenen Personen in die jeweiligen Gefahrenzonen und Risikobereiche durchgeführt.

In der Anlage 5-5 sind die auf der Grundlage der ZENSUS-Daten ermittelten potenziell betroffenen Einwohner für den Istzustand und die Varianten je Bereich und HQ dargestellt. Aus den Ergebnissen können die Wirkungen der Maßnahmen auf potenzielle Personenschäden abgeleitet werden. Die Werte können für die Bewertung und Priorisierung einer Variante genutzt werden (vgl. Kapitel 10).

Die Abbildung 5-4 zeigt ein Beispiel einer Kartendarstellung mit Angabe der betroffenen Einwohner und Gesamtzahl der Einwohner in der Legende.

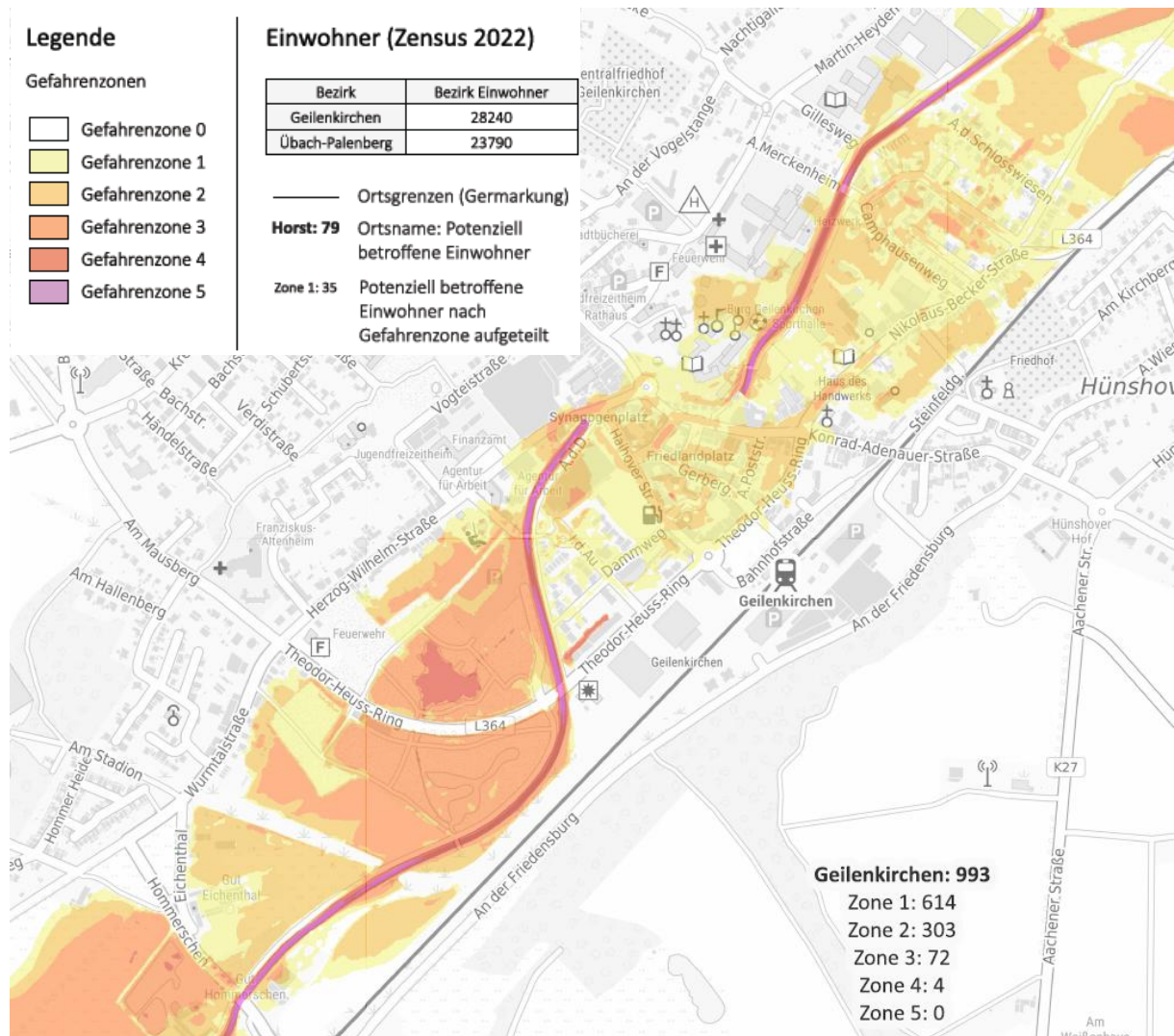


Abbildung 5-4: Beispiel Kartendarstellung für betroffene Einwohner (hier: Gefahrenzonenkarte HQ300 Istzustand, Geilenkirchen) inkl. Beispiel Legende

5.3 Ermittlung Gefahrenzonen

Für die Jährlichkeiten $T = 30$ a, 100 a und 300 a wurden aus den 2D-Ergebnissen die Rasterdaten der Wassertiefen, die Fließgeschwindigkeiten und Impulse für den Istzustand und die Varianten „Linienschutz“ (Variante 1), „Brücke und Damm Randerath“ (Variante 1a) und „2 HRB“ (Variante 2) abgeleitet.

Im Zuge des Pilotprojektes wurden die Impulsgrößen (Fließtiefe x Geschwindigkeit) je Zeitschritt für ein 1-x-1-m-Raster berechnet.

Die Gefahrenzonen für den Menschen werden aus den Ergebnissen der 2D-Berechnungen für das HQ30, HQ100 und HQ300 für ein 1-x-1-m-Raster gewonnen. Gebäudelücken im 2D-Modell wurden interpoliert und sind gefüllt dargestellt.

Dabei werden jeweils folgende Größen je Rasterfläche ermittelt:

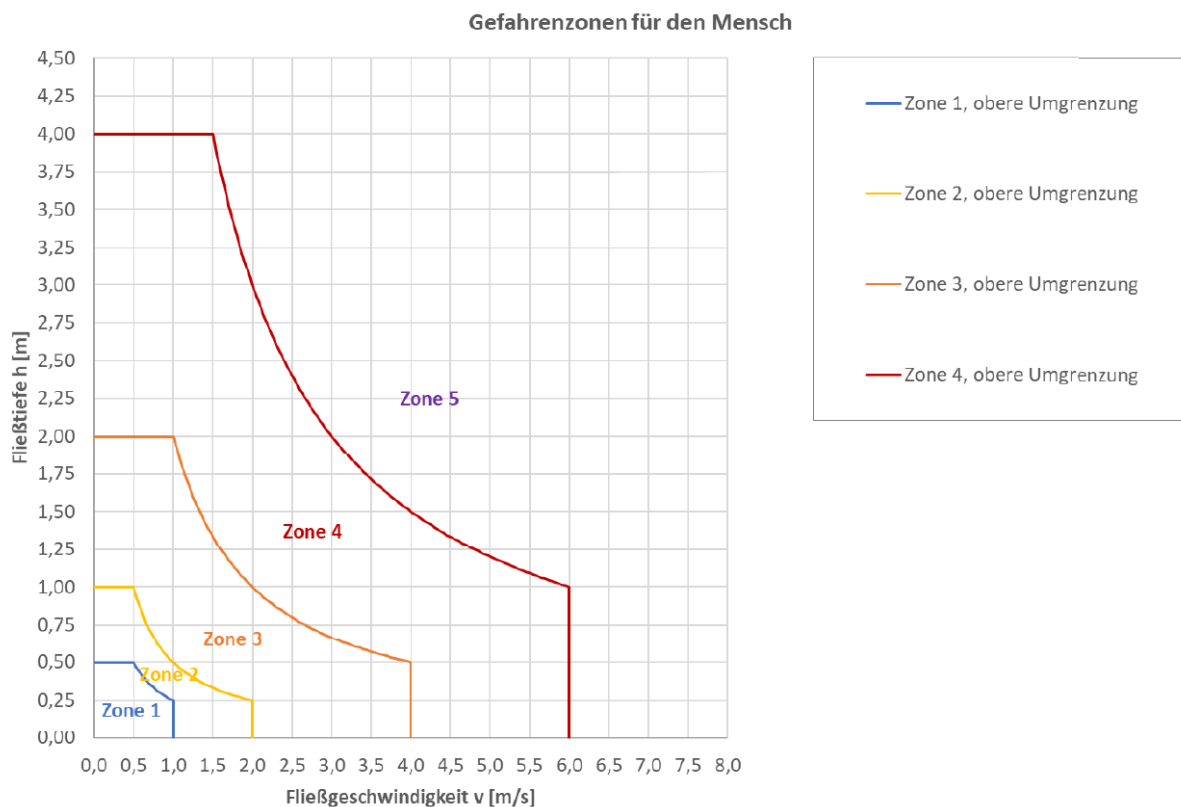
- maximale Wassertiefe h in m, maximaler Wert im Simulationszeitraum
- maximale Fließgeschwindigkeit v in m/s, maximaler Wert im Simulationszeitraum
- maximale Impulskräfte $v \times h$ in m^2/s , maximaler Wert im Simulationszeitraum (Produkt aus Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe in der Rasterzelle im jeweiligen Zeitschritt)

Die drei oben angegebenen Maxima können dabei zu unterschiedlichen Simulationszeitpunkten auftreten.

In den „Empfehlungen zur Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten in NRW“ werden folgende Gefahrenzonen definiert:

- Gefahrenzone 0
 - mit überflutungsfreier Fläche
- Gefahrenzone 1
 - mit oberer Begrenzung $h \leq 0,5 \text{ m}$ und $v \times h \leq 0,25 \text{ m}^2/\text{s}$ und $v \leq 1,0 \text{ m/s}$:
- Gefahrenzone 2
 - mit oberer Begrenzung $h \leq 1,0 \text{ m}$ und $v \times h \leq 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$ und $v \leq 2,0 \text{ m/s}$:
- Gefahrenzone 3
 - mit oberer Begrenzung $h \leq 2,0 \text{ m}$ und $v \times h \leq 2,0 \text{ m}^2/\text{s}$ und $v \leq 4,0 \text{ m/s}$:
- Gefahrenzone 4
 - mit oberer Begrenzung $h \leq 4,0 \text{ m}$ und $v \times h \leq 6,0 \text{ m}^2/\text{s}$ und $v \leq 6,0 \text{ m/s}$:
- Gefahrenzone 5
 - ohne Begrenzung mit $h > 4,0 \text{ m}$, $v \times h > 6,0 \text{ m}^2/\text{s}$ und/oder $v > 6,0 \text{ m/s}$:

Die Abbildung 5-5 zeigt die Gefahrenzonen 1 bis 5 mit den oberen Grenzen.



Quelle: Hochwasserkommission 2024, Abbildung 6

Abbildung 5-5: Gefahrenzonen für den Menschen bei Überflutung in Abhängigkeit von der Wassertiefe h und der Fließgeschwindigkeit v

In den Anlagen 5-6 bis 5-9 sind die erarbeiteten Karten der Gefahrenzonen für die Wurm im Maßstab 1 : 5.000 dargestellt:

- Istzustand: für HQ10, HQ100 und HQ300
- Variante 1: für HQ10, HQ100 und HQ300
- Variante 1a: für HQ10, HQ100 und HQ300
- Variante 2: für HQ10, HQ100 und HQ300

Die Abbildung 5-6 zeigt die Legende der Karten für die Gefahrenzonen, Abbildung 5-7 eine Beispielkarte (Maßstab 1 : 5.000).

Legende

Gefahrenzonen

	Gefahrenzone 0
	Gefahrenzone 1
	Gefahrenzone 2
	Gefahrenzone 3
	Gefahrenzone 4
	Gefahrenzone 5

Einwohner (Zensus 2022)

Bezirk	Bezirk Einwohner
Geilenkirchen	28240
Übach-Palenberg	23790

—— Ortsgrenzen (Gemarkung)

Horst: 79 Ortsname: Potenziell betroffene Einwohner

Zone 1: 35 Potenziell betroffene Einwohner nach Gefahrenzone aufgeteilt

Hinweis

Die Gefahrenzonen sind begrenzt durch Werte des maximalen Wasserstands, der maximalen Fließtiefe und dem maximalen Produkt aus beiden Größen, die innerhalb der Gefahrenzone auftreten dürfen. Jeder Rasterzelle wird genau eine Gefahrenzone zugewiesen.



TopPlusOpen © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2025)

Abbildung 5-6: Beispiel Legende der Karte für Gefahrenzonen

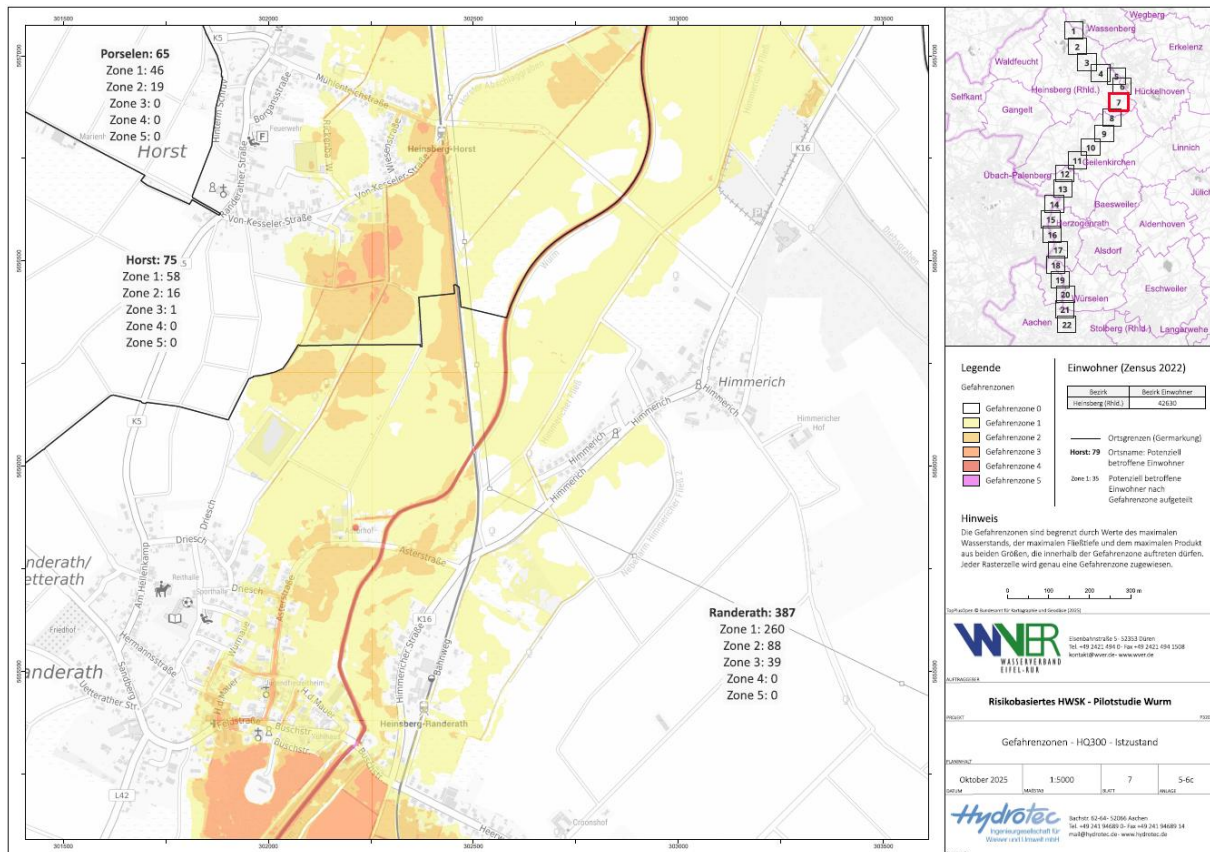


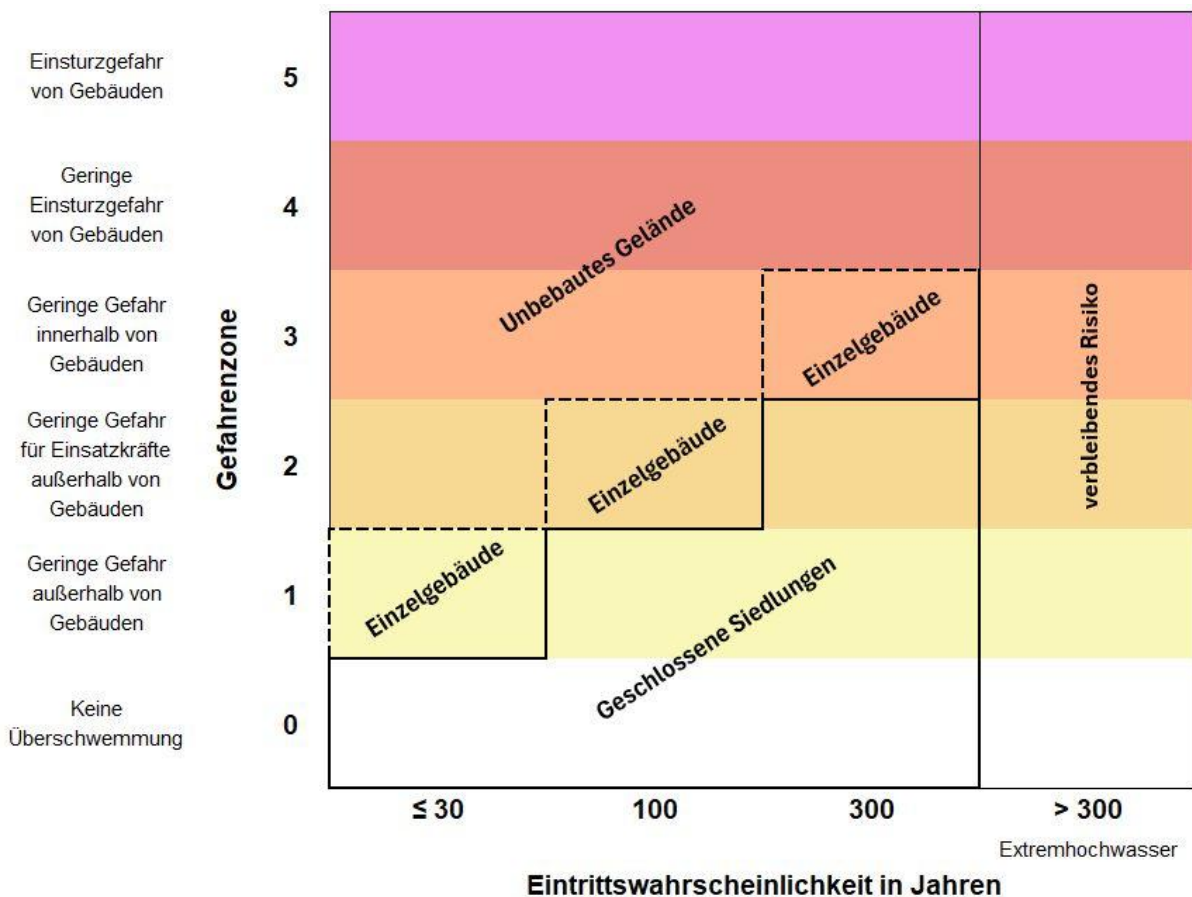
Abbildung 5-7: Beispielkarte für Gefahrenzonen (hier: Gefahrenzonenkarte HQ300 Istzustand, Porselen, Horst und Randerath)

5.4 Ermittlung Risikobereiche

Gemäß den „Empfehlungen zur Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten in NRW“ (Hochwasserkommission 2024, S. 26) ergeben sich für den Basisschutz zur Abwehr von Lebensgefahren bei Hochwasser folgende Schutzziele:

- geschlossene Siedlungen
 - bei HQ30 Gefahrenezone 0
 - bei HQ100 Gefahrenezone 1
 - bei HQ300 Gefahrenezone 2
- Einzelgebäude außerhalb geschlossener Siedlungen
 - bei HQ30 Gefahrenezone 1
 - bei HQ100 Gefahrenezone 2
 - bei HQ300 Gefahrenezone 3
- unbebautes Gelände
 - bei HQ30 kein Schutzbedarf
 - bei HQ100 kein Schutzbedarf
 - bei HQ300 kein Schutzbedarf

In der Abbildung 5-8 sind die Basisschutzziele für den Menschen bei Hochwasser in Abhängigkeit von der jeweiligen Gefahrenzone und den jeweiligen Lastfällen (Eintrittswahrscheinlichkeiten HQ30, HQ100, HQ300) dargestellt.



Quelle: Hochwasserkommission 2024, Abbildung 8

Abbildung 5-8: Basisschutzziele für den Menschen bei Hochwasser in Abhängigkeit von Gefahrenzonen und Lastfällen (Eintrittswahrscheinlichkeit)

Zum Verständnis der Abbildung ist folgende Erläuterung lt. den „Empfehlungen zur Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten in NRW“ (Hochwasserkommission 2024, S. 27) ergänzend angegeben:

„Die Prüfung des Basisschutzes lässt sich über eine geeignete Kartendarstellung realisieren. Dazu werden vier Risikobereiche für die Lebensgefahren bei Hochwasser definiert:

- **Risikobereich I:**
 - **höherer Schutzgrad als beim Basisschutzziel**, entspricht allen Gefahrenzonen unterhalb des Schutzziels und allen Gefahrenzonen in unbebautem Gelände (da hier keine Zielvorgabe besteht)
- **Risikobereich II:**
 - **Schutzgrad stimmt mit dem Basisschutzziel überein** und entspricht der für den Basisschutz erforderlichen Gefahrenzone
- **Risikobereich III:**
 - **niedrigerer Schutzgrad als beim Basisschutzziel**, entspricht der ersten Gefahrenzone oberhalb des Schutzziels
- **Risikobereich IV:**
 - **deutlich niedrigerer Schutzgrad als beim Basisschutzziel**, entspricht allen weiteren Gefahrenzonen oberhalb des Schutzziels

Die Risikobereiche werden durch die Verschneidung der Gefahrenzonen und der Vulnerabilitätsbereiche je Hochwasserlastfall ermittelt.“

In den Anlagen 5-10 bis 5-13 sind die erarbeiteten Karten der Risikobereiche für die Wurm im Maßstab 1 : 5.000 dargestellt:

- Istzustand: für HQ10, HQ100 und HQ300 und die maximalen Risikobereiche
- Variante 1: für HQ10, HQ100 und HQ300 und die maximalen Risikobereiche
- Variante 1a: für HQ10, HQ100 und HQ300 und die maximalen Risikobereiche
- Variante 2: für HQ10, HQ100 und HQ300 und die maximalen Risikobereiche

Die Abbildung 5-9 zeigt die Legende der Karten für die Risikobereiche, Abbildung 5-10 eine Beispielkarte (Maßstab 1 : 5.000).

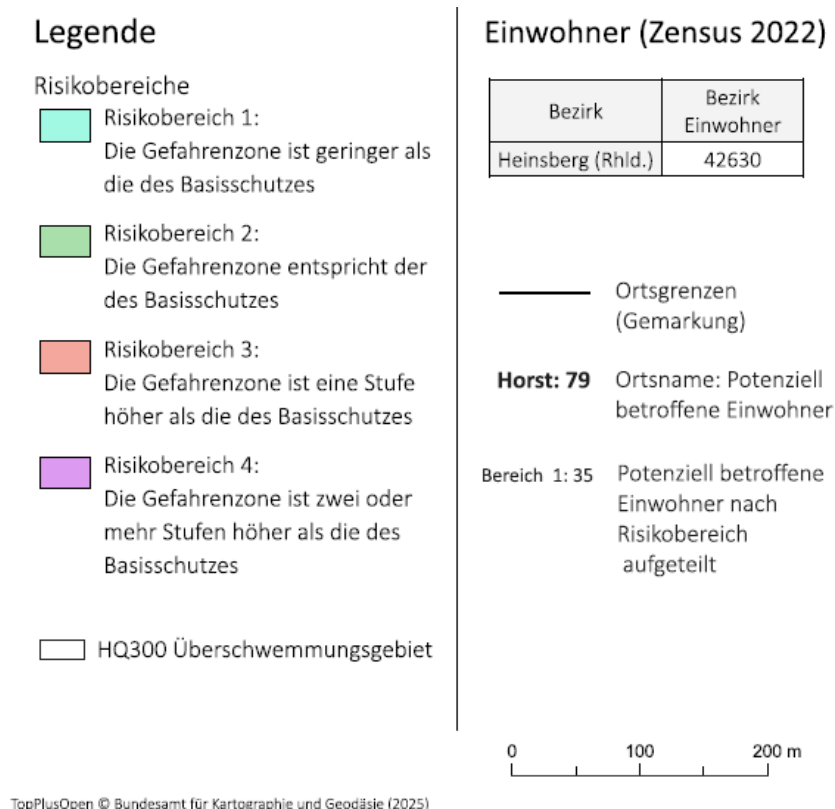


Abbildung 5-9: Legende der Karte für die Risikobereiche

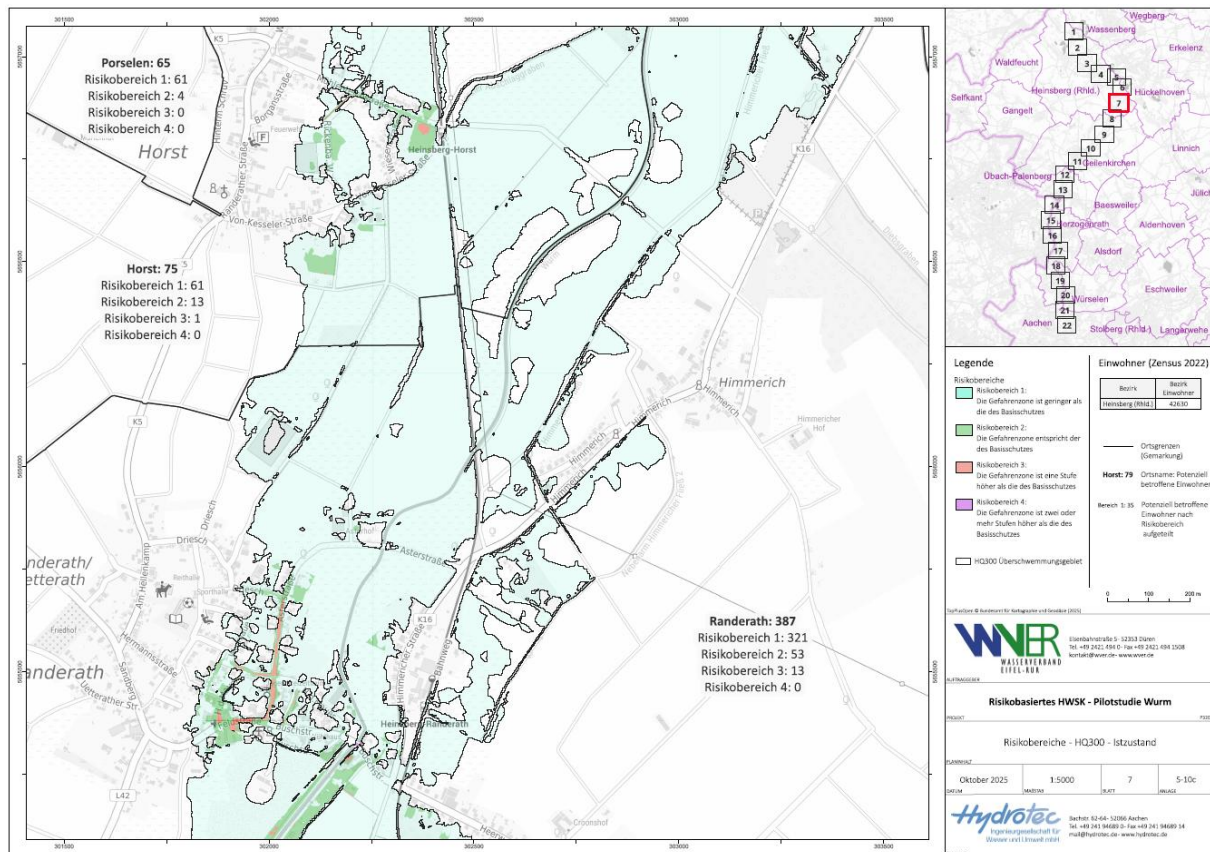


Abbildung 5-10: Beispielkarte für Risikobereiche (hier: Risikobereiche HQ300 Istzustand, Porselen, Horst und Randerath)

Maximale Risikobereiche aus HQ30, HQ100 und HQ300

Der jeweils maßgebliche höchste Risikobereich in den Überschwemmungsgebieten kann durch unterschiedliche Jährlichkeiten hervorgerufen werden. In einigen vulnerablen Teilflächen ist das HQ30, in anderen das HQ100 oder HQ300 für die höchste Risikoklasse verantwortlich. Für jede untersuchte Variante (Istzustand, Varianten 1, 1a und 2) wurde eine resultierende Risikobereichskarte erstellt. Diese fügt die jeweiligen Karten der Jährlichkeiten $T = 30$ a, 100 a und 300 a in einer Karte zusammen, wobei generell der größte Risikobereich der drei Szenarien dargestellt wird. Dies vereinfacht die Beurteilung der Überflutungsgebiete auf der Grundlage des Risikobasierten HWSK und die Ableitung des Schutzbedarfs.

Die Abbildung 5-11 zeigt eine Beispielkarte (Maßstab 1 : 5.000) für die Risikobereiche, die das Maximum aus HQ30, HQ100 und HQ300 darstellen.

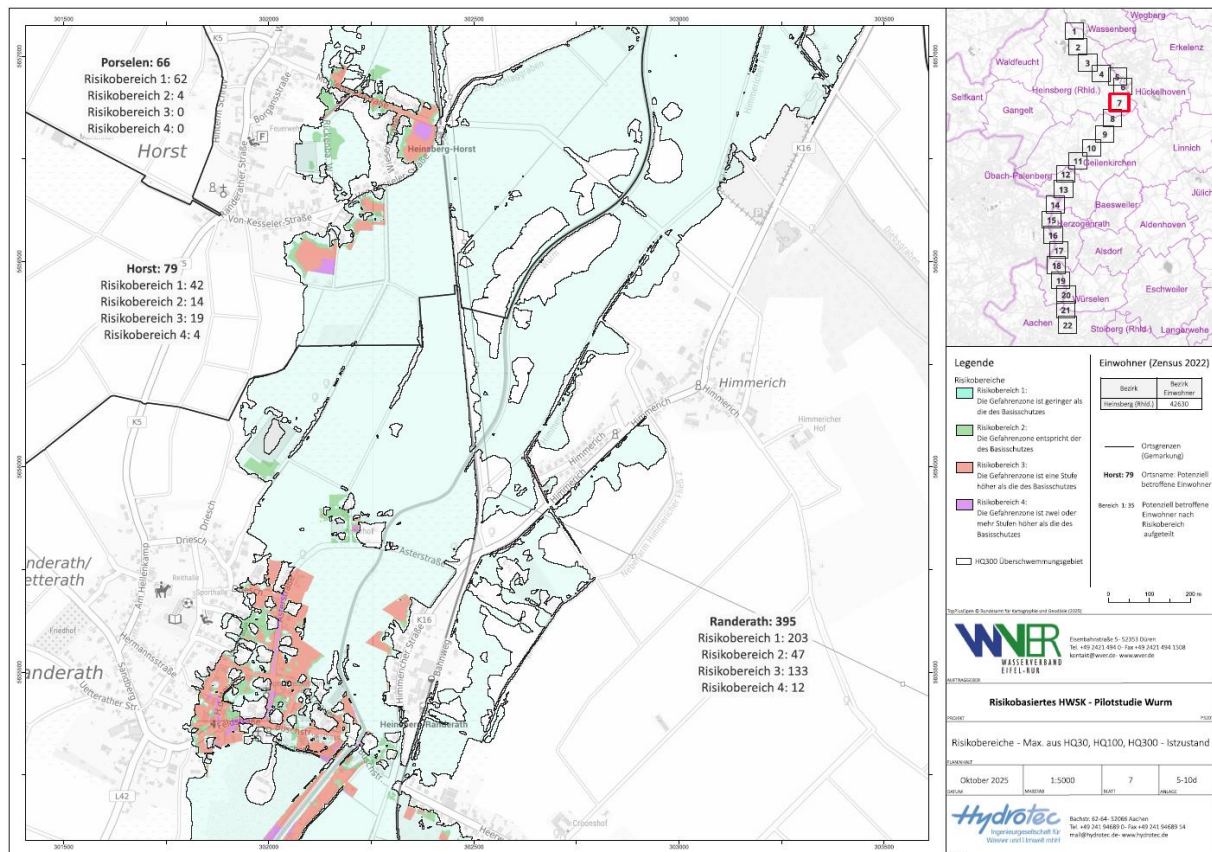


Abbildung 5-11: Beispielkarte für Risikobereiche, Maximum aus HQ30, HQ100 und HQ300 Istzustand (hier: Risikobereiche Porselen, Horst und Randerath)

6 Schadenspotenzialberechnungen

6.1 Grundlagen der Schadenspotenzialanalysen mit BEAM

Schadenspotenziale beschreiben den Verlust von Vermögenswerten bei einem entsprechenden Hochwasserereignis. Die Ermittlung der Schadenspotenziale beruht auf der Berechnung der Schäden an Gebäude- und Flächennutzungen in hochwassergefährdeten Gebieten. In der Untersuchung Entwurf Masterplan Wurm (Hydrotec 2023) wurde der BEAM-Datensatz (Basic European Assets Map), der für die gesamte EU und somit auch für Deutschland vorliegt, verwendet.

Die Grundlagen der Landnutzungskategorien basieren auf dem CORINE-Land-Cover und dem Urban Atlas. Als Ergebnis wurde der BEAM-Datensatz mit Stand 2021 erstellt und unter der Internetseite <https://www.wasserblick.net/servlet/is/219256/?highlight=beam> inklusive Handbuch veröffentlicht. Dabei handelt es sich um einen flächendeckenden Vektordatensatz, in dem auch Linienstrukturen, wie die Infrastruktur (z. B. Straßen), als Flächendatensätze enthalten sind.

Die Vermögenswerte sind bei diesem Verfahren regional angepasst. Der BEAM-Datensatz beinhaltet die räumlich verorteten Daten zur Landnutzung und -bedeckung sowie deren zugeordnete Vermögenswerte. Er nutzt über 90 Landnutzungskategorien. Je Landnutzungskategorie sind 16 Vermögenswertkategorien enthalten. Mittels Schadensfunktionen wird in Abhängigkeit von der Wassertiefe eine prozentuale Schädigung anhand von spezifischen Vermögenswerten jeder Vermögenswertkategorie (€/m²) ermittelt. Die sozioökologische Betrachtung bezieht sich auf Sachgüter und ihre Schädigung.

Trägt man die berechneten Schäden (in €) grafisch über die Jährlichkeit (Wahrscheinlichkeit in 1/a) der zugehörigen Abflüsse auf und integriert die Fläche der Schadenswahrscheinlichkeiten, erhält man eine jährliche Schadenserwartung in €/a. Diese Summe entspricht einem „jährlichen Rücklagebetrag“, mit dem theoretisch auf alle Zeit Hochwasserschäden abgegolten werden könnten.

Die Schäden werden für Wasserstände unterschiedlicher Jährlichkeiten berechnet. Als Eingangsgrößen dienen die mittels 2D-Hydraulik berechneten Wassertiefen als GIS-Raster (1 x 1 m). Für die Schadenspotenzialberechnung sind mögliche 2D-Modelllücken (z. B. „disabled“ oder „ausgestanzte“ Bauwerke) zu füllen, damit dort Schäden berechnet werden.

6.2 Schadenspotenzialberechnungen entsprechend des Entwurfs Masterplan Wurm

Im Rahmen der Untersuchung „Entwurf Masterplan Wurm. Hydraulische Berechnung von Maßnahmen, Schadenspotenzialanalysen und Risikoermittlung“ (Hydrotec 2023, Auftraggeber Wasserverband Eifel-Rur) wurde das BEAM-Verfahren genutzt.

Es lagen Schadensinformationen zum Ereignis 2021 vor, die für die Validierung der BEAM-Berechnungen genutzt wurden. Es zeigte sich, dass das Original-BEAM-Verfahren für das entsprechende Hochwasserereignis nicht die vorliegenden Schadensgrößen erreicht. Es mussten einige Spezifizierungen durchgeführt werden, die auf der Grundlage der vorliegenden Schadenswerte und weiteren überschläglichen Auswertungen validiert wurden. In der Anlage 6-1 sind die Vorgehensweisen bei der Schadenspotenzialberechnung im Projekt Entwurf Masterplan Wurm sowie die durchgeführte Validierung der Schadenswerte detailliert dargestellt (Berichtsauszüge, Hydrotec 2023). Zusammenfassend wurden folgende maßgebliche Spezifizierungen angesetzt (s. Anlage 6-1, Kapitel 1.1 bis 1.4):

- Korrektur und Ergänzung der Nutzungsskapes
 - Korrektur der Nutzungsgrenzen
 - Änderung von unplausiblen urbanen Nutzungskategorien
 - Definition der Gewässerflächen und des 2D-Flussschlauchs
- Ergänzung eines mittleren Kellerschadens
- Anpassung der konstant linearen urbanen Schadensfunktionen

Die berechneten Überschwemmungsgebiete des Istzustands und der Varianten 1 („Linienschutz“), 1a („Brücke und Damm Randerath“) sowie 2 („2 HRB“) wurden für die Jährlichkeiten HQ10, HQ20, HQ30, HQ50, HQ100, HQ100_Klima, HQ200, HQ300, HQ500 und HQextrem (HQ1.000) mit dem **im Rahmen des EMP Wurm aufbereiteten BEAM-Datensatz** verschnitten. Daraus können die Gesamtschadenssummen je Jährlichkeit und die Schadenssummen für unterschiedlich definierte Flächenbereiche (Städte, Ortslagen, Teilbereiche) ermittelt werden.

Die Gesamtsummen pro Jährlichkeit für das mit dem 2D-Modell berechnete Einzugsgebiet zeigt Tabelle 6-1 für den Istzustand und die Variante 1.

Tabelle 6-1: Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 1 „Linienschutz“, Gesamtschaden entsprechend Vorgehensweise EMP Wurm

Für den gesamten Abschnitt der Wurm vom Europaplatz bis zur Mündung in die Rur		
Hochwasserabfluss	Gesamtschaden Istzustand in € (netto)	Gesamtschaden Variante 1 „Linienschutz“ in € (netto)
HQ10	1.984.000	1.590.000
HQ20	4.080.000	2.550.000
HQ30	6.433.000	3.757.000
HQ50	9.198.000	4.833.000
HQ100	14.795.000	7.442.000
HQ100_Klima	32.542.000	15.782.000
HQ200	41.052.000	27.859.000
HQ300	50.187.000	33.781.000
HQ500	63.096.000	42.389.000
HQextrem (HQ1.000)	74.658.000	56.313.000

Für die Varianten 1 („Linienschutzmaßnahmen“) und 1a („Brücke und Damm Randerath“) wurde der potenzielle Schaden für den durch die Maßnahmen tangierten Ortsbereich ermittelt. Dieser Schaden muss für die Nutzen-Kosten-Analyse mit dem Schaden des Istzustands für den gleichen Auswertebereich verglichen werden.

Die Gesamtsummen pro Jährlichkeit für den Auswertebereich Randerath zeigt Tabelle 6-2 für den Istzustand und die Varianten 1 und 1a.

Tabelle 6-2: Ergebnisse Schadensberechnung für den Istzustand und die Varianten 1 „Linienschutz“ und 1a „Brücke und Damm Randerath“, Gesamtschaden entsprechend Vorgehensweise EMP Wurm

Für den Ortsbereich Randerath			
Hochwasserabfluss	Gesamtschaden Istzustand in € (netto)	Gesamtschaden Variante 1 „Linienschutz“ in € (netto)	Gesamtschaden Variante 1a „Brücke und Damm“ in € (netto)
HQ10	513.000	350.000	468.000
HQ20	1.351.000	611.000	780.000
HQ30	2.120.000	766.000	898.000
HQ50	2.563.000	953.000	1.041.000
HQ100	3.253.000	1.187.000	1.205.000
HQ100_Klima	5.084.000	2.072.000	1.747.000
HQ200	5.722.000	2.784.000	2.113.000
HQ300	6.281.000	3.295.000	2.513.000
HQ500	7.197.000	4.230.000	3.245.000
HQextrem (HQ1000)	8.479.000	5.906.000	6.675.000

Für die Varianten 1 („Linienschutzmaßnahmen“) und 2 („2 HRB“) wurde der potenzielle Schaden für den durch die Maßnahmen tangierten Abschnitt der Wurm ermittelt. Der untersuchte Bereich beginnt am Damm des HRB „Alter Bahndamm“ oberhalb von Herzogenrath und endet an der Mündung in die Rur. Dieser Schaden muss für die Nutzen-Kosten-Analyse mit dem Schaden des Istzustands für den gleichen Auswertebereich verglichen werden.

Die Gesamtsummen pro Jährlichkeit für den Auswertebereich ab HRB „Alter Bahndamm“ zeigt Tabelle 6-3 für den Istzustand und die Varianten 1 und 2.

Tabelle 6-3: Ergebnisse Schadensberechnung für den Istzustand und die Varianten 1 „Linienschutz“ und 2 „2 HRB“, Gesamtschaden entsprechend Vorgehensweise EMP Wurm

Für den Abschnitt der Wurm vom HRB „Alter Bahndamm“ bis zur Mündung in die Rur			
Hochwasserabfluss	Gesamtschaden Istzustand in € (netto)	Gesamtschaden Variante 1 „Linienschutz“ in € (netto)	Gesamtschaden Variante 2 „Brücke und Damm“ in € (netto)
HQ10	1.493.000	1.099.000	973.000
HQ20	3.385.000	1.856.000	1.214.000
HQ30	5.572.000	2.913.000	1.391.000
HQ50	8.012.000	3.799.000	1.569.000
HQ100	12.889.000	6.059.000	1.795.000
HQ100_Klima	28.413.000	13.468.000	11.908.000
HQ200	35.655.000	24.684.000	17.621.000
HQ300	42.964.000	29.205.000	25.562.000
HQ500	53.893.000	36.699.000	33.450.000
HQextrem (HQ1000)	63.485.000	47.877.000	47.966.000

6.3 Sensitivitätsanalyse für das Risikobasierte HWSK

Im Rahmen der Untersuchung Entwurf Masterplan Wurm wurde eine Vielzahl von aufwändigen manuellen Anpassungen bei der GIS-Grundlage und der Berechnung von BEAM durchgeführt. Diese konnten durch vorliegende Schadensinformationen begründet und validiert werden. Bei zukünftigen Hochwasserschutzkonzepten kann nicht vom Vorliegen von Schadensdaten ausgegangen werden. Daher sollte in Abstimmung mit dem WVER der Aufwand, der im Rahmen der Hochwasserschutzkonzepte (HWSK) mit dem Risikobasierten HWSK erforderlich ist, auf das Wesentliche reduziert werden.

Da die beim Projekt Entwurf Masterplan Wurm ermittelten Schadensgrößen belastbar sind, wurden diese als **Zielgröße** angesehen (vgl. Tabelle 6-1, Spalte „Gesamtschaden Istzustand“).

Schadensberechnungen mit dem Original-BEAM-Verfahren zeigten, dass die Schadensgrößen bei einem HQ10 zehnmal so groß sind wie beim EMP Wurm (18,9 Mio. Euro). Beim HQ1000 liegen diese dann wiederum um 6 Mio. Euro unter denen des EMP Wurm (68,6 Mio. Euro). Die BEAM-Berechnungen können somit nicht ohne Anpassungen verwendet werden und sind somit zu spezifizieren. Dazu wurden eine Vielzahl von unterschiedlichsten - iterativen - Anpassungen bei den Schadenspotenzialberechnungen mit BEAM durchgeführt und die (Zwischen-)Ergebnisse dokumentiert und bewertet. Im Laufe der iterativen Optimierungen zeigte sich, dass bei den BEAM-Berechnungen die Schäden kleiner Jährlichkeiten verringert und bei großen Jährlichkeiten erhöht werden müssen.

Nachfolgend werden die untersuchten Anpassungen aufgelistet und die jeweilige Bewertung dargestellt.

Nutzung Original BEAM

Es ergeben sich große Differenzen bei HQ10 bis HQ200 (s. o.).

Fazit: → So nicht zu verwenden.

Ausschneiden des 2D-Flussschlauchs aus den Nutzungspolygonen

Es ergeben sich große Verbesserungen bei kleinen und mittleren Jährlichkeiten. Dadurch wird vermieden, dass große fehlerhafte Schäden im Gewässer durch große Fließtiefen berechnet werden.

Fazit: → Ist zu berücksichtigen. Die Schadensermittlung durch diese Anpassung ergibt plausible Ergebnisse.

Schadensberechnungen nur für Vulnerabilitätsbereiche

Durch die Reduzierung der Schadenspotenzialberechnungen auf die vulnerablen Gebiete werden die zum Teil fehlerhaften urbanen BEAM-Nutzungsflächen in den Bereichen Wald, Wiese und Acker korrigiert. Im Rahmen der Untersuchung EMP Wurm wurde festgestellt, dass 95 % der Schäden in den urbanen Gebieten liegen, die unbebauten Nutzungen im Agrarsektor haben somit nur einen geringen Einfluss. In den Vulnerabilitätsbereichen ist der 2D-Gewässerschlauch bereits ausgeschnitten. Die oben beschriebene Anpassung „Ausschneiden des 2D-Flussschlauchs aus den Nutzungspolygonen“ ist somit nicht mehr separat erforderlich. Im Rahmen des Risikobasierten HWSK sind die Vulnerabilitätsbereiche für die Risikoermittlung zwingend zu ermitteln. Diese können somit für die Schadensberechnungen ohne weiteren Aufwand übernommen werden.

Fazit: → Ist zu berücksichtigen. Die Schadensermittlung durch diese Anpassung ergibt plausible Ergebnisse.

Ausschneiden von weiteren Gewässerflächen aus den Nutzungspolygonen (sollte bereits im Rahmen der Ermittlung der Vulnerabilitätsbereiche erfolgen)

Im Rahmen der iterativen Untersuchungen zeigte es sich, dass die noch in den Vulnerabilitätsbereichen vorliegenden Wasserflächen einen großen Einfluss auf die Schadenshöhen bereits bei kleinen Jährlichkeiten besitzen. Größere Wasserflächen wie Seen, Teiche, Baggerlöcher, Burggräben oder Mündungsbereiche von Nebengewässern sind daher bereits im Rahmen der Ermittlung der Vulnerabilitätsbereiche aus den Flächen auszuschneiden. Es ergeben sich große Verbesserungen bei kleinen und mittleren Jährlichkeiten. Dadurch wird vermieden, dass große fehlerhafte Schäden im Gewässer durch große Fließtiefen berechnet werden.

Fazit: → Ist zu berücksichtigen (sollte bereits im Rahmen der Ermittlung der Vulnerabilitätsbereiche erfolgen). Die Schadensermittlung durch diese Anpassung ergibt plausiblere Ergebnisse.

Berücksichtigung von Kellerschäden

Durch eine ergänzende Berücksichtigung von Kellerschäden ergeben sich konstante Erhöhungen bei allen Jährlichkeiten. Das Ziel, die Schäden bei kleineren HQ zu verringern und bei größeren zu erhöhen, konnte nicht erreicht werden.

Fazit: → Ist nicht zu berücksichtigen. Die Schadensermittlung durch diese Anpassung ergibt keine besseren Ergebnisse.

Berücksichtigung von Impulsschäden

Im Rahmen der UAG HWS-Konzepte bzw. der Kleingruppe KG V09 wurde ein Vorschlag zur Berücksichtigung von Impulsschäden diskutiert und erarbeitet. Dieser Ansatz besagt, dass bei größeren Wassertiefen bzw. Fließgeschwindigkeiten die potenziellen Schäden in den Gefahrenzonen höher sein können. Die Gefahr des Teil- bzw. Totalversagens von Gebäuden wird durch einen dreistufigen Impulsfaktor bei den BEAM-Berechnungen berücksichtigt (Faktoren 1,0, 1,5 und 2,0).

Die Abbildung 6-1 zeigt den Impulsfaktoransatz.

Optimierter Impulsfaktor-Ansatz für BEAM basierend auf NRW-Gefahrenzonen

Wissenschaftliche Grundlage: Integration der Erkenntnisse aus JONKMAN & PENNING-ROWSELL (2008) und den NRW-Gefahrenzonen zur Berücksichtigung von Impulskräften ($v \times h$) in BEAM-Schadensfunktionen.

1. Impulsfaktor-Schwellenwerte basierend auf NRW-Gefahrenzonen

Impulsfaktor-Stufe	Produkt $v \times h$ [m ² /s]	Fließgeschwindigkeit v [m/s]	Entspricht Gefahrenzone	Risikobewertung	Impulsfaktor F
1	$v \times h \leq 0,5$	$v \leq 2,0$	Zone 1-2	Geringes bis moderates Impulsrisiko	1,0
2	$0,5 < v \times h \leq 2,0$	$2,0 < v \leq 4,0$	Zone 3	Erhöhtes Impulsrisiko (Stabilitätsgrenze Mensch)	1,5
3	$v \times h > 2,0$	$v > 4,0$	Zone 4-5	Extremes Impulsrisiko (Strukturschäden möglich)	2,0*

*Bei Impulsfaktor-Stufe 3 sind Totalschäden an Gebäuden möglich

Kritische Schwellenwerte aus der Forschung:

- $v \times h = 0,5$ m²/s: Beginn der Instabilität für Menschen im Wasser
- $v \times h > 2,0$ m²/s: Keine Person kann den Strömungskräften widerstehen
- Ab $h = 2$ m und $v = 3$ m/s: Irreparable Gebäudeschäden möglich

Quelle: Julian Hofmann 11.06.2025: 20250611_UAG_KG_Hofmann_Impulskräfte_Update_v2.pdf

Abbildung 6-1: Ansatz eines Impulsfaktors

Bei der BEAM-Berechnung wurde dieser Ansatz implementiert und es wurden Schadensberechnungen für den Istzustand durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine Erhöhung der Schadenssumme um rund 8 % bei allen Jährlichkeiten.

Testweise wurde eine 2. Testvariante mit erhöhten Faktoren geprüft (Faktoren 1,0, 2,0 und 3,0). Diese ergab ca. 15 % höhere Schäden bei allen Jährlichkeiten.

Das Ziel, die Schäden bei größeren Jährlichkeiten im Vergleich zu kleineren zu erhöhen, konnte nicht erreicht werden.

Bei der Wurm hat der originäre Impulsansatz geringe Auswirkungen auf die Schadenshöhen. Die Wurm ist im Untersuchungsbereich eher ein Flachlandfluss. Im Mittelgebirge kann der Impulsansatz jedoch aufgrund eines höheren Gewässer- und Vorlandgefälles einen stärkeren Einfluss besitzen. Die Berücksichtigung des Impulsansatzes ist bei der von Hydrotec entwickelten automatisierten BEAM-Schadensberechnung implementiert und kann optional angesetzt werden. An der Wurm wurde der Impulsansatz nicht weiter berücksichtigt

Fazit: → Kann berücksichtigt werden. Der Impulsfaktor kann jedoch bei anderen Gewässern bzw. Gewässertypen einen maßgeblichen Einfluss auf die Schadenshöhe haben und dadurch belastbarere Ergebnisse ergeben. Der Impulsansatz kann optional ergänzend bei der Schadensberechnung angesetzt werden.

Steilere Schadensfunktionen

Bereits im Rahmen der Untersuchung für den Entwurf Masterplan Wurm wurden für einige Schadensfunktionen im Rahmen der Validierung die Steigungen erhöht. Dieser Ansatz wurde durch eine Dissertation (Kutschera 2008) bestätigt (s. Anlage 6-1). Diese Anpassung wurde hier durch einen generellen Faktor von 1,5 auf alle Schadenfunktionen berücksichtigt. Der Endwert von 100 % wird somit jeweils früher erreicht, aber nicht überschritten.

Durch die steileren Funktionen ergeben sich insbesondere bei größeren HQ höhere Schäden, was den Ergebnissen des EMP Wurm näher kommt.

Fazit: → Ist zu berücksichtigen. Die Schadensermittlung durch diese Anpassung ergibt plausible Ergebnisse.

Höhere Maximalschäden

Bereits im Rahmen der Untersuchung für den Entwurf Masterplan Wurm wurden für einige urbane Nutzungstypen im Rahmen der Validierung die Maximalschäden erhöht. Diese Anpassung wurde hier durch einen generellen Faktor von 1,5 auf alle Nutzungen berücksichtigt. Da die Berechnung nur für die Vulnerabilitätsbereiche durchgeführt wird, sind auch hier nur die urbanen Nutzungstypen von der Anpassung betroffen.

Durch die höheren potenziellen Maximalschäden ergeben sich insbesondere bei größeren HQ höhere Schäden, was den Ergebnissen des EMP Wurm näher kommt.

Fazit: → Ist zu berücksichtigen. Die Schadensermittlung durch diese Anpassung ergibt plausible Ergebnisse.

Jährlichkeitsdifferenzierte Faktoren auf die Schadenssummen

Im Rahmen der iterativen Schadensberechnungen wurde kurzfristig der Ansatz verfolgt, unterschiedliche jahresdifferenzierte Faktoren auf die Schadenssummen zu ermitteln. Diese sollten dann für alle Varianten gelten. Es zeigte sich, dass diese im Istzustand ermittelten Faktoren keine plausiblen Ergebnisse bei den weiteren Varianten ergaben. Dies verdeutlicht, dass die Schadensgrößen nicht HQ-abhängig, sondern wassertiefenabhängig sind. Auch konstante Faktoren auf die Schadenssummen ergaben keine Verbesserungen. Diese Differenzierung wurde an der Wurm nicht weiter berücksichtigt.

Fazit: → Ist nicht zu berücksichtigen. Die Schadensermittlung durch diese Anpassung ergibt keine besseren Ergebnisse.

Preissteigerungen seit 2018

Die Datengrundlage der BEAM-Schadensgrößen ist gültig für das Jahr 2018. Seitdem wurden die Eingangsdaten für die Schadenswerte nicht angepasst. Laut statistischem Bundesamt liegt seitdem jedoch eine Preissteigerung von rund 30 – 50 % vor.

Für eine BEAM-Berechnungsvariante wurde ein Preissteigerungsindex von 40 % angesetzt, mit dem alle Schadensgrößen entsprechend erhöht wurden.

Dies hat große Auswirkungen auf die ermittelten Gesamtschäden. Um die Vergleichbarkeit zum EMP Wurm zu wahren, wurde auf eine allgemeinen Schadenserhöhung verzichtet.

Für zukünftige Untersuchungen ist dies aber zu berücksichtigen. Die Größenordnung von 30 – 50 % ist zu validieren und im Hinblick auf die unterschiedlichen Vermögenswertkategorien jeweils plausibel anzupassen (vgl. Anlage 6-1, Abbildung 1-1).

Im Rahmen des Pilotprojektes wurde die Kostenfortschreibung nicht berücksichtigt.

Fazit: → Ist zu berücksichtigen. Eine Schadenssteigerung sollte für zukünftige Untersuchungen angesetzt werden. Die Größenordnung ist für die Vermögenswertkategorien zu validieren.

Alle iterativen Anpassungen, Berechnungen und Ergebnisse, die im Rahmen des Pilotprojektes Wurm erarbeitet wurden, sind in den Anlagen 3 (Präsentationsfolien der Termine) dokumentiert.

Es wurde mit dem WVER eine Vorzugsvariante für die Schadenspotenzialberechnungen mit BEAM im Rahmen des Risikobasierten HWSK abgestimmt und festgelegt. Es wird der Original-BEAM-Ansatz mit folgenden Anpassungen verwendet:

- Schadensberechnungen nur für Vulnerabilitätsbereiche
- Ausschneiden von weiteren Gewässerflächen aus den Nutzungspolygonen
- steilere Schadensfunktionen
- höhere Maximalschäden
- optional: Berücksichtigung von Impulsschäden (nicht angewendet)
- optional: Preissteigerungen seit 2018 (nicht angewendet)

Tabelle 6-4 zeigt zusammenfassend den Vergleich der BEAM-Schadensberechnungen gemäß der „Methodik EMP Wurm (2023)“ und gemäß der Vorzugsvariante „Methodik Risikobasiertes HWSK (2025)“. Es werden jeweils für beide Methodiken die Schadensgrößen für den Istzustand und die Varianten 1, 1a und 2 für alle Jährlichkeiten dargestellt (vgl. Kapitel 6.4). In den farbigen Zeilen werden jeweils die Abweichungen der Größen durch das Verhältnis „Faktor EMP/Risikobasiertes HWSK“ gezeigt.

Der Istzustand diente bei der iterativen Anpassung als Zielgröße. Die Schadenshöhen der Varianten 1, 1a und 2 wurden im Anschluss für die Vorzugsvariante berechnet und mit den Ergebnissen der Methodik „EMP Wurm“ von 2023 verglichen.

Für den Istzustand und die Variante 1 ergeben sich ähnliche Faktoren und Anpassungstendenzen. Sie liegen zwischen 0,7 und 1,2 abhängig vom HQ. Anpassungen von nahezu 1,0 liegen beim Istzustand im Bereich der Jährlichkeit HQ100.

Für die Variante 2 ergeben sich ebenfalls gute Anpassungen von 0,9 bis 1,3, die HQ-Anpassungen verlaufen jedoch anders (bei kleinen und großen Jährlichkeiten Faktoren größer 1,0).

Die Anpassungen bei der Variante 1a zeigt höhere Faktoren (1,0 bis 1,9). Die Schadenssummen sind hier nur auf den Wirkungsbereich der Maßnahmen in Randerath beschränkt. Eine Analyse der Schadenverteilungen in der Fläche zeigt, dass die vorliegenden größeren Differenzen auf einige urbane Einzelflächen zurückzuführen sind, die im Rahmen des EMP Wurm einer anderen urbanen Nutzungskategorie mit höheren Gesamtschäden zugeordnet wurden (dichter besiedelt). Dies berücksichtigt der allgemeine Faktor von 1,5 nicht in Gänze. Es ist

davon auszugehen, dass die Differenzen zwischen den beiden Methodiken für kleine Gebiete größer sein können, da sich hier einzelne Anpassungen jeweils stärker in den Summen bemerkbar machen.

Insgesamt zeigt der Vergleich eine gute Anpassung zwischen der Methodik EMP Wurm und der Methodik im Risikobasierten HWSK. Größere Differenzen können erklärt werden. Die Vorzugsvariante liefert plausible und belastbare Ergebnisse. Dies zeigt auch der Vergleich der jeweiligen Nutzen-Kosten-Verhältnisse (s. Kapitel 8.2).

Tabelle 6-4: Vergleich der BEAM-Schadensberechnungen „Methodik EMP Wurm (2023)“ und Vorzugsvariante „Methodik Risikobasiertes HWSK (2025)“ für den Istzustand und die Varianten 1, 1a und 2 für alle Jährlichkeiten inkl. Abweichungen „Faktor EMP/Risikobasiertes HWSK“

Ergebnisse Schadensberechnung										
Ist	HQ10	HQ20	HQ30	HQ50	HQ100	HQ100Klima	HQ200	HQ300	HQ500	HQ1000
Gesamtschaden 2D-Gewässer Wurm	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
Methodik EMP Wurm (2023) - Zielgröße	1.984.000	4.080.000	6.433.000	9.198.000	14.795.000	32.542.000	41.052.000	50.187.000	63.096.000	74.658.000
Methodik Risikobas. Ansatz (2025)	2.780.000	5.165.000	7.446.000	10.211.000	14.882.000	29.029.000	36.647.000	43.765.000	53.362.000	62.743.000
Faktor "EMP/Risikobas"	0,71	0,79	0,86	0,90	0,99	1,12	1,12	1,15	1,18	1,19
Alternative 1 ("Linienchutz")	HQ10	HQ20	HQ30	HQ50	HQ100	HQ100Klima	HQ200	HQ300	HQ500	HQ1000
Gesamtschaden 2D-Gewässer Wurm	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
Methodik EMP Wurm (2023)	1.590.000	2.550.000	3.757.000	4.833.000	7.442.000	15.782.000	27.859.000	33.781.000	42.389.000	56.313.000
Methodik Risikobas. Ansatz (2025)	2.157.000	3.483.000	5.277.000	7.389.000	10.428.000	19.869.000	29.393.000	34.861.000	41.829.000	52.733.000
Faktor "EMP/Risikobas"	0,74	0,73	0,71	0,65	0,71	0,79	0,95	0,97	1,01	1,07
Alternative 1a ("Brücke und Damm Rand.")	HQ10	HQ20	HQ30	HQ50	HQ100	HQ100Klima	HQ200	HQ300	HQ500	HQ1000
Gesamtschaden 2D-Bereich Randerath	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
Methodik EMP Wurm (2023)	468.000	780.000	898.000	1.041.000	1.205.000	1.747.000	2.113.000	2.513.000	3.245.000	6.675.000
Methodik Risikobas. Ansatz (2025)	259.000	414.000	468.000	540.000	643.000	1.112.000	1.668.000	2.267.000	3.254.000	5.939.000
Faktor "EMP/Risikobas"	1,81	1,88	1,92	1,93	1,87	1,57	1,27	1,11	1,00	1,12
Alternative 2 ("2 HRB")	HQ10	HQ20	HQ30	HQ50	HQ100	HQ100Klima	HQ200	HQ300	HQ500	HQ1000
Gesamtschaden 2D-Bereich ab HRB Herz.	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
Methodik EMP Wurm (2023)	973000	1214000	1391000	1569000	1795000	11908000	17621000	25562000	33450000	47966000
Methodik Risikobas. Ansatz (2025)	738.000	1.002.000	1.300.000	1.604.000	2.028.000	13.639.000	19.469.000	26.016.000	33.298.000	45.017.000
Faktor "EMP/Risikobas"	1,32	1,21	1,07	0,98	0,89	0,87	0,91	0,98	1,00	1,07

Nettoschäden

Quotient „EMP Wurm/Risikobasiertes HWSK“. Blau: EMP Wurm < Risikobasiertes HWSK; Rot: EMP Wurm > Risikobasiertes HWSK

6.4 Schadenspotenzialberechnungen entsprechend dem Pilotprojekt Wurm

Mit dem abgestimmten und festgelegten BEAM-Verfahren (vgl. Kapitel 6.3) wurden die Schadenspotenziale für den Istzustand ermittelt und für die Varianten 1, 1a und 2 berechnet.

Die berechneten Überschwemmungsgebiete des Istzustands und der Varianten 1 („Linien-schutz“), 1a („Brücke und Damm Randerath“) sowie 2 („2 HRB“) wurden für die Jährlichkeiten HQ10, HQ20, HQ30, HQ50, HQ100, HQ100_Klima, HQ200, HQ300, HQ500 und HQextrem (HQ1.000) mit dem im Rahmen des Pilotprojektes Wurm entwickelten angepassten BEAM-Verfahren verschnitten. Daraus können die Gesamtschadenssummen je Jährlichkeit und die Schadenssummen für unterschiedlich definierte Flächenbereiche (Städte, Ortslagen, Teilbe-reiche) ermittelt werden.

Die Gesamtsummen pro Jährlichkeit für das mit dem 2D-Modell berechnete Einzugsgebiet zeigt Tabelle 6-5 für den Istzustand und die Variante 1 (inkl. Differenzen bzw. Schadensmin-derung).

Tabelle 6-5: Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 1 „Li-nienschutz“, Gesamtschaden entsprechend Vorgehensweise Pilotprojekt Wurm

Für den gesamten Abschnitt der Wurm vom Europaplatz bis zur Mündung in die Rur			
Hochwasserabfluss	Gesamtschaden Istzustand in € (netto)	Gesamtschaden Var. 1 „Linien-schutz“ in € (netto)	Schadensminderung durch die Variante 1 in € (netto)
HQ10	2.780.000	2.157.000	623.000
HQ20	5.165.000	3.483.000	1.682.000
HQ30	7.446.000	5.277.000	2.169.000
HQ50	10.211.000	7.389.000	2.822.000
HQ100	14.882.000	10.428.000	4.454.000
HQ100_Klima	29.029.000	19.869.000	9.160.000
HQ200	36.647.000	29.393.000	7.254.000
HQ300	43.765.000	34.861.000	8.904.000
HQ500	53.362.000	41.829.000	11.533.000
HQextrem (HQ1.000)	62.743.000	52.733.000	10.010.000

Für die Variante 1a („Brücke und Damm Randerath“) wurde der potenzielle Schaden für den durch die Maßnahmen tangierten Ortsbereich ermittelt. Dieser Schaden muss für die Nutzen-Kosten-Analyse mit dem Schaden des Istzustands für den gleichen Auswertebereich vergli-chen werden.

Die Gesamtsummen pro Jährlichkeit für den Auswertebereich Randerath zeigt Tabelle 6-6 für den Istzustand und die Variante 1a (inkl. Differenzen bzw. Schadensminderung).

Tabelle 6-6: Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 1a „Brücke und Damm Randerath“, Gesamtschaden für den Auswertebereich Randerath entsprechend Vorgehensweise Pilotprojekt Wurm

Für den Ortsbereich Randerath			
Hochwasserabfluss	Gesamtschaden Istzustand in € (netto)	Gesamtschaden Var. 1a „Brücke und Damm Randerath“ in € (netto)	Schadensminderung durch die Variante 1a in € (netto)
HQ10	512.000	259.000	253.000
HQ20	1.512.000	414.000	1.098.000
HQ30	1.992.000	468.000	1.524.000
HQ50	2.274.000	540.000	1.734.000
HQ100	2.717.000	643.000	2.074.000
HQ100_Klima	4.139.000	1.112.000	3.027.000
HQ200	4.882.000	1.668.000	3.214.000
HQ300	5.462.000	2.267.000	3.195.000
HQ500	6.246.000	3.254.000	2.992.000
HQextrem (HQ1.000)	7.154.000	5.939.000	1.215.000

Für die Varianten 1 („Linienchutzmaßnahmen“) und 2 („2 HRB“) wurde der potenzielle Schaden für den durch die Maßnahmen tangierten Abschnitt der Wurm ermittelt. Der untersuchte Bereich beginnt beim Damm des HRB „Alter Bahndamm“ oberhalb von Herzogenrath und endet an der Mündung in die Rur. Dieser Schaden muss für die Nutzen-Kosten-Analyse mit dem Schaden des Istzustands für den gleichen Auswertebereich verglichen werden.

Die Gesamtsummen pro Jährlichkeit für den Auswertebereich ab HRB „Alter Bahndamm“ zeigt Tabelle 6-7 für den Istzustand und die Variante 1 (inkl. Differenzen bzw. Schadensminderung).

Die Gesamtsummen pro Jährlichkeit für den Auswertebereich ab HRB „Alter Bahndamm“ zeigt Tabelle 6-8 für den Istzustand und die Variante 2 (inkl. Differenzen bzw. Schadensminderung).

Tabelle 6-7: Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 1 „Linienchutz“, Gesamtschaden für den Auswertebereich ab HRB „Alter Bahndamm“ entsprechend Vorgehensweise Pilotprojekt Wurm

Für den Abschnitt der Wurm vom HRB „Alter Bahndamm“ bis zur Mündung in die Rur			
Hochwasserabfluss	Gesamtschaden Istzustand in € (netto)	Gesamtschaden Var. 1 „Linienchutz“ in € (netto)	Schadensminderung durch die Variante 1 in € (netto)
HQ10	2.551.000	1.929.000	622.000
HQ20	4.739.000	3.052.000	1.687.000
HQ30	6.916.000	4.733.000	2.183.000
HQ50	9.565.000	6.739.000	2.826.000
HQ100	13.931.000	9.554.000	4.377.000
HQ100_Klima	26.849.000	18.259.000	8.590.000
HQ200	33.622.000	27.022.000	6.600.000
HQ300	39.470.000	31.306.000	8.164.000
HQ500	47.791.000	37.460.000	10.331.000
HQextrem (HQ1.000)	55.695.000	46.500.000	9.195.000

Tabelle 6-8: Ergebnisse der Schadensberechnung für den Istzustand und die Variante 2 „2 HRB“, Gesamtschaden für den Auswertebereich ab HRB „Alter Bahndamm“ entsprechend Vorgehensweise Pilotprojekt Wurm

Für den Abschnitt der Wurm vom HRB „Alter Bahndamm“ bis zur Mündung in die Rur			
Hochwasserabfluss	Gesamtschaden Istzustand in € (netto)	Gesamtschaden Var. 2 „2 HRB“ in € (netto)	Schadensminderung durch die Variante 2 in € (netto)
HQ10	2.551.000	738.000	1.813.000
HQ20	4.739.000	1.002.000	3.737.000
HQ30	6.916.000	1.300.000	5.616.000
HQ50	9.565.000	1.604.000	7.961.000
HQ100	13.931.000	2.028.000	11.903.000
HQ100_Klima	26.849.000	13.639.000	13.210.000
HQ200	33.622.000	19.469.000	14.153.000
HQ300	39.470.000	26.016.000	13.454.000
HQ500	47.791.000	33.298.000	14.493.000
HQextrem (HQ1.000)	55.695.000	45.017.000	10.678.000

Die in den Tabellen dargestellten Schadenssummen fließen in die Nutzen-Kosten-Berechnung ein (Kapitel 8.2).

Im Zuge der Schadenspotenzialberechnungen sind grafische Darstellungen der berechneten Schäden hilfreich, um die Schadenszuwächse je Hochwasserjährlichkeit zu bewerten. Die Abbildung 6-2 zeigt für die Variante 1 die Gesamtschäden in € (y-Achse, vgl. Tabelle 6-5) in Abhängigkeit der Wahrscheinlichkeiten der zugehörigen Hochwasserereignisse in 1/a (x-Achse). In der oberen Grafik sind die Werte der x-Achse logarithmisch dargestellt, in der unteren linear. Die obere Grafik zeigt gut den steileren Kurvenverlauf für Abflüsse größer HQ100 (Wahrscheinlichkeit 0,01), ab HQ100 liegen somit höhere Schadenszuwächse vor. In der unteren Grafik ist erkennbar, dass das Integral der Schadenssummen bei kleinen Jährlichkeiten (Wahrscheinlichkeiten von 0,1 (HQ10) bis 0,02 (HQ50)) für die statistische Auswertung einen maßgeblichen Einfluss besitzt.

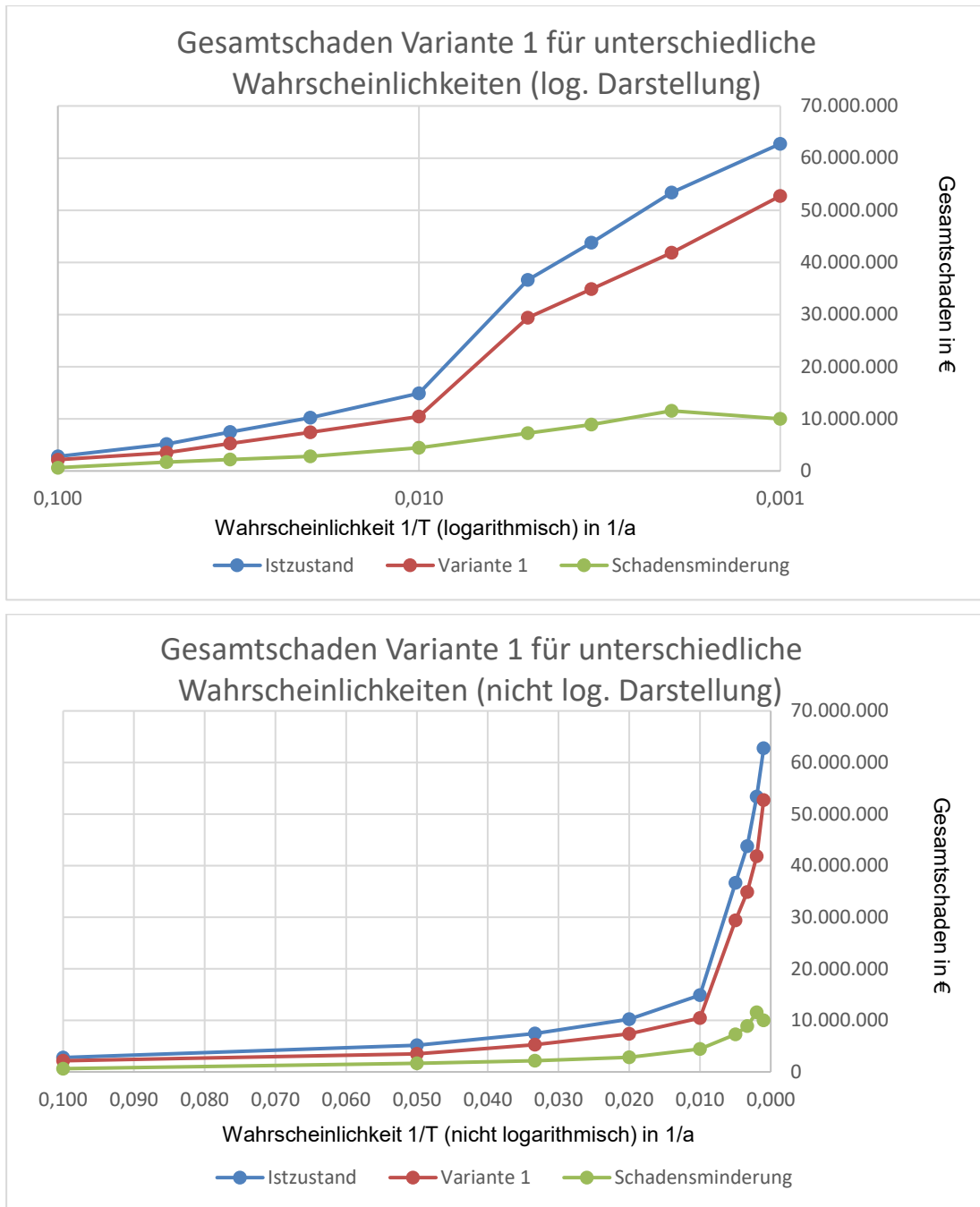


Abbildung 6-2: Gesamtschaden der Variante 1 für unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten (oben: logarithmische Darstellung, unten: nicht logarithmische Darstellung)

7 Maßnahmenkosten

Der im Rahmen der Untersuchung EMP Wurm ermittelte detaillierte Kostenrahmen wurde übernommen. In der Anlage 7-1 sind die Vorgehensweisen bei der Berechnung der Maßnahmenkosten im Projekt Entwurf Masterplan Wurm dargestellt (Berichtsauszüge, Hydrotec 2023). In Anlage 7-2 sind die Einheitspreise und Leistungsbeschreibungen der Maßnahmen aufgelistet, die im Rahmen des Projektes EMP Wurm, ermittelt wurden. In Anlage 7-3 werden die Kosten der Teilmaßnahmen der Maßnahmenvarianten 1 bis 17 (EMP Wurm) und der Varianten 1a und 2 (Pilotprojekt Wurm) dargestellt.

7.1 Variante 1 („Linienenschutz“)

Für die Variante 1 wurden im Rahmen des Projekts EMP Wurm insgesamt Investitionskosten von **9,55 Mio. €** netto ermittelt, diese enthalten die Bau- und Planungskosten. In der Tabelle 4-1 sind die Maßnahmen je Bereich dargestellt.

Da die Renaturierungsmaßnahmen 1 und 15 sowie der potenziellen Abgrabungen vor Geilenkirchen (Maßnahme 13) nur lokal auf die Wasserspiegellagen wirken, wurden diese drei Maßnahmen im Kostenrahmen der Variante 1 nicht berücksichtigt.

7.2 Variante 1a („Brücke und Damm Randerath“)

In enger Abstimmung mit dem WVER wurden zwei im Rahmen des Pilotprojektes geplante Teilmaßnahmen in Randerath in das 2D-Modell eingearbeitet:

- neu geplanter Deich (Teilmaßnahme 20-14)
- neu geplante Brücke in Randerath (Teilmaßnahme 20-15)

Im Zuge der o. g. zwei neuen Teilmaßnahmen konnten drei Teilmaßnahmen aus der Maßnahmenvariante 3 des EMP Wurm wegfallen:

- Neubau (Verlängerung) Mauer (Teilmaßnahme 3-4), Kosten: 86.190 €
- Neubau Deich (Teilmaßnahme 3-6), Kosten: 273.000 €
- Wegerhöhung Wirtschaftsweg zur Burg (Teilmaßnahme 3-7), Kosten: 33.600 €

Für die Variante 1a wurden insgesamt Investitionskosten von **5,30 Mio. €** netto ermittelt, diese enthalten die Bau- und Planungskosten. In der Tabelle 7-1 sind die Teilmaßnahmen für die Variante 1a dargestellt.

Tabelle 7-1: Teilmaßnahmen der Variante 1a

Teilmaßnahme	Maßnahmentyp	Kommentar
Nr.	-	-
3-1	Neubau Deich	Entspricht EMP Wurm
3-2	Neubau Mauer	Entspricht EMP Wurm
3-4	Neubau (Verlängerung) Mauer	Entspricht EMP Wurm, entfällt
3-5	Wegerhöhung v. Wirtschaftsweg, der den Deich quert	Entspricht EMP Wurm
3-6	Deich	Entspricht EMP Wurm, entfällt
3-7	Wegerhöhung Wirtschaftsweg zur Burg	Entspricht EMP Wurm, entfällt
3-8	Neubau Mauer	Entspricht EMP Wurm
3-9	Neubau Deich	Entspricht EMP Wurm

Teilmaßnahme	Maßnahmentyp	Kommentar
3-10	Aufschüttung	Entspricht EMP Wurm
3-11	Renaturierung der Wurm	Entspricht EMP Wurm
3-12	Neubau Deich	Entspricht EMP Wurm
3-13	Straßenerhöhung, Asterstraße	Entspricht EMP Wurm
20-14	Neuer Deich	Neue Maßnahme Pilotprojekt
20-15	Neubau Brücke	Neue Maßnahme Pilotprojekt

Die Abbildung 7-1 zeigt die Lage der Teilmaßnahmen der Variante 1a in Randerath.

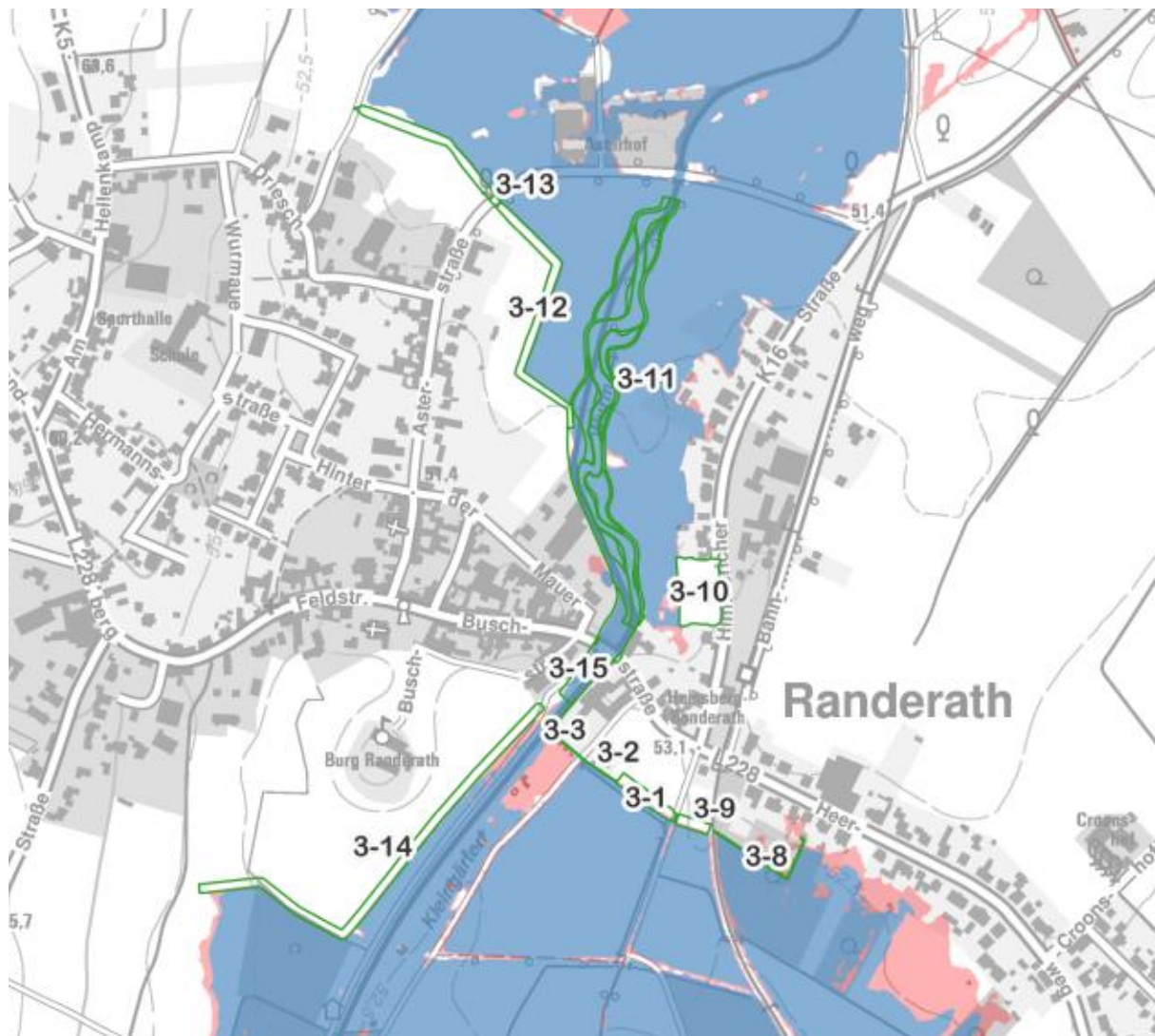


Abbildung 7-1: Lageplan der Teilmaßnahmen der Variante 1a inkl. Überschwemmungsgebiete in Randerath (blau: HQ100, rot: HQ100Klima)

7.3 Variante 2 („2 HRB“)

In enger Abstimmung mit dem WVER wurden zwei im Rahmen des Pilotprojektes geplante potenzielle Hochwasserrückhaltebecken (HRB) in der Pilotstudie untersucht. Die Kosten wurden entsprechend den Ansätzen im EMP Wurm berechnet:

- HRB „Alter Bahndamm“ Herzogenrath
 - 140.000 m³ → 30 €/m³ → 4,2 Mio. € netto
- HRB Rimburg
 - 770.000 m³ → 20 €/m³ → 15,4 Mio. netto

Die Gesamtkosten betragen **19,60 Mio. € netto**. Der ermittelte Kostenrahmen enthält die Bau- und Planungskosten.

8 Nutzen-Kosten-Analyse

Ein zentrales Kriterium für die Bewertung der Vorteilhaftigkeit einer Hochwasserschutzmaßnahme ist ihre ökonomische Effizienz. Diese wurde auf Grundlage der „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien)“ (DWA 2012) berechnet.

Für die Nutzen-Kosten-Berechnungen wurde die digitale Vorlage der Kalkulationstabelle (HochWasserSchadenPotenzialAnalyseSystem, HWSPAS-Ansatz) der „Arbeitshilfe zur Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Baden-Württemberg“ (BW 2019) genutzt.

Eine Maßnahme bzw. die Summe von Teilmaßnahmen ist in der Regel dann wirtschaftlich, wenn das Nutzen-Kosten-Verhältnis mindestens 1 oder größer ist. Der Nutzen wird ökonomisch durch die verhinderten Schäden beschrieben. Diese wurden mittels Schadenspotenzialberechnungen für den Istzustand und die drei Varianten ermittelt (vgl. Kapitel 6).

Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen,

- dass der ermittelte Kostenrahmen der jeweiligen Maßnahmen als erste Annäherungswerte anzusehen sind (vgl. Kapitel 7) und
- dass auch die Schadensermittlungen auf einer Abschätzung mit regionalen Schadensgrößen und -verteilungen basieren (vgl. Kapitel 6).

Die Nutzen-Kosten-Analyse ist somit ein Annäherungswert für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen.

In Anlehnung an die Arbeitshilfe zur Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Baden-Württemberg (BW 2019) und in Abstimmung mit dem WVER wurden im Rahmen des Projektes EMP Wurm für die Nutzen-Kosten-Analyse folgende Randbedingungen angesetzt:

- Nutzungsdauer 80 Jahre für alle Maßnahmen
Dieser Ansatz wurde lt. Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (DWA 2012) geprüft. Für die im Rahmen dieser Untersuchung entwickelten Maßnahmen kann die Nutzungsdauer von 80 Jahren angesetzt werden.
- Zinssatz 2 % für alle Maßnahmen
In der Arbeitshilfe von Baden-Württemberg wird dieser Zinssatz als „Standardfall“ empfohlen. Er variiert lt. Arbeitshilfe zwischen 1,5 und 3,5 %.
- Laufende Kosten
 - Bei allen untersuchten Maßnahmen (außer HRB, s. u.) werden in Abstimmung mit dem WVER 0,5 % der Investitionskosten als laufende Kosten pro Jahr angesetzt.
 - Bei Hochwasserrückhaltebecken (Variante 2) fallen erfahrungsgemäß höhere laufende Kosten an, diese wurden mit 1,0 % der Investitionskosten pro Jahr angesetzt.
 - Bei mobilen Elementen (Maßnahme 11-2, EMP Wurm) wurden überschlägig ergänzend die Arbeitszeiten für einen jährlichen Testaufbau angesetzt
(5 Personen * 8 Std * 80 €/Std. = 3.200 €/Jahr).

In den Anlagen 8-1, 8-2 und 8-3 sind die Nutzen-Kosten-Analysen der drei untersuchten Varianten detailliert aufgeführt. Folgende Werte sind je Variante angegeben:

- Maßnahmenkosten
 - Nutzungsdauer in Jahren (s. o.)
 - Mittlerer Zinssatz in Prozent (s. o.)
 - Investitionskosten als Summe von Bau- und Planungskosten plus Zuschlag für Unwägbarkeiten in Euro (vgl. Kapitel 7)
 - laufende Kosten in Euro/Jahr (s. o.)
 - Projektkostenbarwert in Euro
Der Projektkostenbarwert (PKBW) ergibt sich aus der Summe der Investitionskosten, der Barwerte der laufenden Kosten und der Barwerte der Reinvestitionskosten. Der

Projektkostenbarwert beschreibt alle zu einem Bezugszeitpunkt entstehenden Kosten.

- Jahreskosten in Euro/Jahr
Die Jahreskosten sind die Summe der laufenden jährliche Kosten plus der über die Nutzungsjahre verteilten Investitionskosten.
- Schadensminderung
 - Schadensminderung je HQ in Euro
Für jede Wiederkehrhäufigkeit wird die Schadensminderung in Euro angegeben. Die Schadensminderung ergibt sich aus der Differenz der berechneten Schäden „Istzustand – Planzustand“. Ein positiver Wert dokumentiert somit eine Verbesserung durch die geplanten Maßnahmen im Hinblick auf die ermittelten Schadenspotenziale. Negative Werte zeigen, dass durch die geplante Maßnahme potenziell ein höherer Schaden hervorgerufen werden kann.
 - Schadensminderung in Euro/Jahr
Die Schadensminderung ist die Differenz der aufsummierten Schadens erwartungswerte „Istzustand – Planzustand“ über alle Wiederkehrintervalle. Die Schadensminderung beschreibt den jährlich gleichbleibenden Nutzen (durchschnittlich jährlich verhinderter Schaden) über die gesamte Lebensdauer einer Hochwasserschutzmaßnahme.
 - Projektnutzenbarwert in Euro
Der Projektnutzenbarwert (PNBW) ergibt sich aus der Diskontierung der mittleren jährlichen Schadensminderung. Er beschreibt alle zu einem Bezugszeitpunkt vermeidbaren Gesamtschäden jeder Maßnahme.
- Nutzen-Kosten-Analyse
 - Kapitalwert in Euro
Der Kapitalwert einer Maßnahme ergibt sich aus der Differenz von monetarisiertem Nutzen und den Kosten („Projektnutzenbarwert – Projektkostenbarwert“). Eine Maßnahme mit einem positiven Kapitalwert ist aus rein ökonomischer Sicht der Nutzen-Kosten-Analyse immer durchzuführen, solange die Durchführung keine negativen Auswirkungen auf andere Maßnahmen oder Bereiche hat.
 - Nutzen-Kosten-Verhältnis
Das Nutzen-Kosten-Verhältnis einer Maßnahme ergibt sich aus dem Quotienten von „Projektnutzenbarwert ÷ Projektkostenbarwert“ ($NKV = PNBW / PKBW$).

Der Nutzen einer Maßnahme geht somit über die verhinderten Schäden ein, deren Basis die Schadenspotenzialberechnung für den Istzustand und für die Varianten ist (s. Kapitel 6.4). Der monetäre Nutzen einer Maßnahme ist die Minderung der jährlichen Schadens erwartung und wird als Barwert des Nutzens (Projektnutzenbarwert) angegeben. Projektnutzenbarwerte und Projektkostenbarwerte werden unter Ansatz einer Nutzungsdauer von 80 Jahren mit einem Zinssatz von 2 % bezogen auf das Basisjahr 2023 berechnet. Die Methodik ist in den KVR-Leitlinien (DWA 2012) beschrieben.

Mithilfe der oben beschriebenen Kenngrößen lassen sich für die untersuchten Varianten (vgl. Kapitel 4) Aussagen zur Wirtschaftlichkeit treffen.

8.1 Sensitivitätsanalysen

Entwurf Masterplan Wurm

Im Rahmen des Projekts EMP Wurm wurden jeweils die acht berechneten Hochwasserabflüsse von T = 10 a, 20 a, 50 a, 100 a, 100_Klima, 200 a, 500 a und extrem (1.000 a) betrachtet. Das Hochwasserszenario HQ100_Klima wurde in Abstimmung mit dem WVER mit der Jährlichkeit 180 Jahre berücksichtigt.

Risikobasiertes HWSK

Für das Pilotprojekt wurde eine umfangreiche Sensitivitätsanalyse der Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurden die beiden Hochwasserereignisse HQ30 und HQ300 eingebunden, sodass 10 Jährlichkeiten für die NKA zugrunde liegen.

Folgende Berechnungsvarianten wurden untersucht und die Sensitivität zusammen mit dem WVER bewertet:

- | | |
|-------------------------------|--|
| • 8 HQ lt. EMP Wurm | T=10, 20, 50, 100, 180, 200, 500, 1.000 Jahre |
| • 10 HQ inkl. 30 und 300 | T=10, 20, 30, 50, 100, 180, 200, 300, 500, 1.000 Jahre |
| • 9 HQ ohne 1.000 | T=10, 20, 30, 50, 100, 180, 200, 300, 500 Jahre |
| • 8 HQ ohne 500, 1.000 | T=10, 20, 30, 50, 100, 180, 200, 300 Jahre |
| • 7 HQ ohne 180, 500, 1.000 | T=10, 20, 30, 50, 100, 200, 300 Jahre |
| • 8 HQ ohne 10, 20 | T= 30, 50, 100, 180, 200, 300, 500, 1.000 Jahre |
| • 3 HQ nur 30, 100, 300 | T= 30, 100, 300 Jahre |
| • 4 HQ nur 30, 100, 300, 1000 | T= 30, 100, 300, 1.000 Jahre |

Es kann vorausgesetzt werden, dass das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei der Berücksichtigung von 10 Ereignissen die belastbarsten Ergebnisse erzielt.

Die Ergebnisse zeigten, dass das Fehlen der großen Jährlichkeiten keinen maßgeblichen Einfluss auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis hat. Demgegenüber führt die Auswertung ohne die kleinen Jährlichkeiten zu deutlichen Unterschieden im Vergleich zu Varianten mit 10 Jährlichkeiten. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass der Einfluss durch die große Auftretenshäufigkeit von kleinen Ereignissen große Auswirkungen hat.

Aufgrund dessen wurde deutlich, dass zusätzlich der **Schadensbeginn** für die NKA berücksichtigt werden muss. Dies zeigten ergänzende Sensitivitätsanalysen für die oben aufgeführten Berechnungsvarianten. Im Rahmen der hydraulischen Berechnungen ist somit durch gestaffelte Bordvollberechnungen die maximale Jährlichkeit zu ermitteln, bei der noch keine Schäden für die jeweiligen Maßnahmenbereiche auftreten. Die entsprechende Jährlichkeit wird bei der NKA mit einem Schaden von 0 Euro angegeben. An der Wurm liegt bei ca. HQ5 ein schadensfreier Abfluss vor.

Es ist bei der Auswahl der notwendigen HQ auf den grafischen Verlauf der Schäden über die Jährlichkeiten zu achten. Sprünge im Schadensverlauf sollten abgebildet werden, damit keine verfälschten Ergebnisse erzeugt werden.

Beim Risikobasierten HWSK sind somit mindestens folgende Jährlichkeiten bei der NKA zu berücksichtigen (**Mindestanforderung NKA**):

- 4 HQ HQ(größte schadensfreie Jährlichkeit), HQ30, HQ100 und HQ300

Da für Risikogewässer in der Regel auch das HQextrem für die Darstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten berechnet wird, kann dieses bei der NKA ergänzt werden und es ergeben sich somit 5 HQ, die in die Berechnung einfließen.

Falls weitere Hochwasserjährlichkeiten im Rahmen einer Untersuchung hydraulisch berechnet werden, sind diese ebenfalls zu berücksichtigen. Je mehr Jährlichkeiten bei der NKA einfließen, umso belastbarer ist das Ergebnis.

8.2 Ergebnisse Nutzen-Kosten-Analyse

Die NKA wurden für fünf Auswertekombinationen durchgeführt und bewertet:

- NKA für 10 HQ: T = 10, 20, 30, 50, 100, 180, 200, 300, 500, 1.000 Jahre
- NKA für 11 HQ: T = 5, 10, 20, 30, 50, 100, 180, 200, 300, 500, 1.000 Jahre
- NKA für 3 HQ: T = 30, 100, 300 Jahre
- NKA für 4 HQ: T = 5, 30, 100, 300 Jahre
- NKA für 5 HQ: T = 5, 30, 100, 300, 1.000 Jahre

Die durch die BEAM-Berechnungen ermittelten Schadensgrößen (vgl. Kapitel 6) gehen in die NKA ein. Im Rahmen des Pilotprojektes werden die N-K-Werte aus den zwei BEAM-Verfahren ermittelt, gegenübergestellt und bewertet:

- Schadenspotenziale entsprechend der Methodik EMP Wurm (vgl. Kapitel 6.2)
- Schadenspotenziale entsprechend des Risikobasierten HWSK im Pilotprojekt Wurm (vgl. Kapitel 6.4)

Es wurden die Schadenspotenziale für den Istzustand und für die Varianten 1, 1a und 2 für die o. g. Hochwasserabflüsse (+ HQ5 = 0 €) auf der Grundlage der beiden Verfahren (EMP Wurm, Risikobasiertes HWSK) ausgewertet. Die Schäden in € werden je Ereignis in jährliche Schadensenerwartungen in der Einheit Euro/Jahr umgerechnet. Die Differenzen der Schadenssummen (Istzustand – Varianten) ergeben die Schadensminderungen in Euro je Hochwasserjährlichkeit (s. Anlagen 8-1, 8-2 und 8-3). Bei den Auswertungen wurde berücksichtigt, dass die Teilmaßnahmen ggf. Auswirkungen auf das gegenüberliegende Vorland oder Auswirkungen weit ins Ober- bzw. Unterwasser besitzen. Dabei werden positive (Wasserspiegellagenabsenkungen) als auch negative Effekte (Wasserspiegellagenanstiege) durch die jeweilige Maßnahme in der kumulierten Schadensberechnung berücksichtigt.

Die ökonomische Effizienz als Verhältnis zwischen Nutzen und Kosten wird zusammenfassend in der Tabelle 8-1 dargestellt. Es sind die Nutzen-Kosten-Verhältnisse für die Varianten 1, 1a und 2 für jeweils fünf Hochwasserabflusskombinationen und für zwei Methodiken (EMP Wurm und Risikobasiertes HWSK) dargestellt.

Tabelle 8-1: Nutzen-Kosten-Verhältnisse für die Varianten 1, 1a und 2 für jeweils 5 Hochwasserabflusskombinationen und für zwei Methodiken (EMP Wurm und Risikobasiertes HWSK), grün > 1,0 und rot < 1,0

N-K-A Wurm, Variante 1 ("Linienchutz")	BEAM-Varianten	
	Methodik EMP Wurm (2022)	Risikobasierter Ansatz (2025)
HQ-Varianten		
10 HQ (HQ10 bis HQ1000)	1,17	0,84
11 HQ (+ HQ5)	1,24	0,94
3 HQ (30, 100, 300)	0,87	0,52
4 HQ (30, 100, 300 + HQ5)	1,64	1,15
5 HQ (30, 100, 300 + HQ5 + HQ1000)	1,65	1,16

N-K-A Wurm, Variante 1a ("Brücke + Damm Rand.")	BEAM-Varianten	
	Methodik EMP Wurm (2022)	Risikobasierter Ansatz (2025)
HQ-Varianten		
10 HQ (HQ10 bis HQ1000)	0,60	0,77
11 HQ (+ HQ5)	0,62	0,84
3 HQ (30, 100, 300)	0,44	0,44
4 HQ (30, 100, 300 + HQ5)	1,08	1,23
5 HQ (30, 100, 300 + HQ5 + HQ1000)	1,05	1,21

N-K-A Wurm, Variante 2 ("2 HRB")	BEAM-Varianten	
HQ-Varianten	Methodik EMP Wurm (2022)	Risikobasierter Ansatz (2025)
10 HQ (HQ10 bis HQ1000)	0,64	0,78
11 HQ (+ HQ5)	0,67	0,91
3 HQ (30, 100, 300)	0,48	0,48
4 HQ (30, 100, 300 + HQ5)	0,99	1,16
5 HQ (30, 100, 300 + HQ5 + HQ1000)	0,98	1,15

In den Maßnahmensteckbriefen in Anlage 4-1 sind ergänzend die maßgeblichen Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Analysen auf der Grundlage der Methodiken im EMP Wurm aufgeführt. Es wurden hier 11 HQ sowie die BEAM-Anpassungen des EMP Wurm (vgl. Kapitel 6.2) angesetzt.

8.3 Bewertung Nutzen-Kosten-Analyse

Die Nutzen-Kosten-Verhältnisse in Tabelle 8-1 zeigen, dass die Anzahl der angesetzten Hochwasserereignisse einen maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis hat. Die hier dargestellten Ergebnisse gelten für das Einzugsgebiet der Wurm bzw. auf den untersuchten Wirkungsraum der Maßnahmen:

- Variante 1: für den gesamten Verlauf der Wurm von Aachen bis zur Mündung in die Rur
- Variante 1a: in Randerath
- Variante 2: ab dem obersten HRB (HRB „Alter Bahndamm“ Herzogenrath) bis zur Mündung in die Rur

Es kann vorausgesetzt werden, dass das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei der Berücksichtigung von 11 Ereignissen die belastbarsten Ergebnisse erzielt. Daher sollten in der NKA so viele Hochwasserereignisse wie möglich berücksichtigt werden.

Für das Untersuchungsgebiet der Wurm zeigen die Nutzen-Kosten-Verhältnisse bei der Verwendung von 11 HQ schlechtere Größen als bei der Verwendung von 4 bzw. 5 HQ, welche im Risikobasierten HWSK ermittelt werden. Bei anderen Projekten und Projektgebieten kann die Tendenz anders sein. Die Ergebnisse sind generell vom Integral unter den jährlichen Schadenssummen abhängig und inwieweit sich die lineare Interpolation zwischen den Jährlichkeiten durch die Verwendung verschiedener HQ-Szenarien verändert.

Der Vergleich der Werte auf Basis der „Methodik EMP Wurm (2023)“ und der „Methodik Risikobasiertes HWSK (2025)“ zeigt den Einfluss der unterschiedlichen Schadenspotenzialberechnungen (vgl. Kapitel 6). Diese haben i. d. R. geringe Unterschiede, was unterstreicht, dass durch die Methodik der Schadensermittlungen mit BEAM für das Risikobasierte HWSK belastbare Ergebnisse erzielt werden.

Insgesamt wird durch die Tabelle 8-1 deutlich, dass das Kriterium der Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme stark vom Umfang der vorliegenden Eingangsdaten abhängt. Die Bewertung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses ist mit den Beteiligten abzustimmen.

In den Anlagen 8-1 bis 8-3 sind die Nutzen-Kosten-Analysen der drei untersuchten Varianten aufgeführt. Die Berechnung wurden für die Auswertekombination mit 5 HQ durchgeführt:

- NKA für 5 HQ: T = 5, 30, 100, 300, 1.000 Jahre

9 Bewertung der Varianten 1, 1a und 2

Zur Ermittlung einer Vorzugsvariante sind die verschiedenen Maßnahmen, welche im Rahmen eines Hochwasserschutzkonzeptes erarbeitet werden, zu bewerten. In dieser Pilotstudie wurden die Varianten 1, 1a und 2 detailliert untersucht. Die Varianten 1a und 2 können jeweils mit der Variante 1 verglichen und bewertet werden.

In Abstimmung mit der UAG soll die Bewertung in fünf verschiedenen Kategorien erfolgen:

- Wirksamkeit (vgl. Kapitel 9.1)
- Wirtschaftlichkeit (vgl. Kapitel 9.2)
- Finanzierbarkeit (vgl. Kapitel 9.3)
- ökologische Verbesserung (vgl. Kapitel 9.4)
- Umsetzbarkeit (vgl. Kapitel 9.5)

In Kapitel 9.5 erfolgt die zusammenfassende Bewertung der Varianten auf der Grundlage o. g. Kategorien und die Wahl einer Vorzugsvariante.

9.1 Wirksamkeit

Die Bewertung der Wirksamkeit der Maßnahmen erfolgt auf Basis der Ergebnisse des Risikobasierten HWSK:

- Erreichen des Basisschutzziels (vgl. Kapitel 9.1.1)
- Reduzierung der Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner (vgl. Kapitel 9.1.2)
- Reduzierung der Anzahl der potenziell betroffenen vulnerablen Gebäude (vgl. Kapitel 9.1.3)

Basierend auf den Ergebnissen werden anschließend die Varianten 1, 1a und 2 in Bezug auf die Wirksamkeit in folgenden Klassen bewertet (s. Kapitel 9.1.4):

- hohe Wirksamkeit
- mittlere Wirksamkeit
- geringe Wirksamkeit

9.1.1 Erreichen des Basisschutzziels

Das primäre Ziel des Risikobasierten HWSK ist der Schutz von Leib und Leben. Auf der Grundlage der Darstellungen in den Gefahrenzonenkarten (Anlagen 5-6 bis 5-9) und Risikobereichskarten (Anlagen 5-10 bis 5-13) wurde das Erreichen des Basisschutzziels für den Istzustand und die Varianten 1, 1a und 2 ausgewertet und bewertet.

Bei der Bewertung der Ergebnisse in den Karten der Risikobereiche ist zu prüfen, ob in den Bereichen, in denen die Basisschutzziele nicht erreicht werden, gefährdete Objekte liegen. Die Vulnerabilitätsbereiche (vgl. Kapitel 5.1) beinhalten die Flächen der geschlossenen Siedlungsgebiete. In diesen sind auch größere Garten- und sonstige Nutzflächen enthalten, z. B. können tiefliegende Gärten am Gewässer überflutet werden, ohne dass Objekte bzw. Personen in den Objekten betroffen sind. Daher können Überschreitungen des Basisschutzziels bereichsweise zugelassen werden. Dies ist generell in den Karten zur Bewertung der Basisschutzziele zu beachten.

Weiterhin ist im Rahmen eines zukünftig durchzuführenden Risikobasierten HWSK zu prüfen, wie mit geringfügigen Überschreitungen des Basisschutzziels in geschlossenen Ortschaften umgegangen wird, wenn z. B. in einer größeren Ortschaft nur kleinste rote Risikoflächen vorliegen. Hier müssten ggf. nicht unbedingt umfangreiche Maßnahmen erforderlich sein, die die gesamte Ortschaft schützen würden. Es ist sinnvoller und wirtschaftlicher hier

Objektschutzmaßnahmen zu entwickeln, sodass es z. B. zu einer Maßnahmenkombination aus Linienschutz und Objektschutz kommt.

Dies ist im Rahmen der Bearbeitung zu prüfen und zu bewerten.

9.1.1.1 Auswertung Erreichen des Basisschutzziels

Das Erreichen des Basisschutzes wurde systematisch für alle Ortslagen für den Istzustand und die Varianten 1, 1a und 2 ausgewertet (vgl. Tabelle 9-1 und Tabelle 9-2). Anschließend wurde überprüft, ob sich Unterschiede in Bezug auf die erforderlichen Maßnahmen zwischen dem angestrebten Schutzziel und der Zielerreichung Basisschutz ergeben.

Bei der **Variante 1** wurden die Hochwasserschutzmaßnahmen für die Ortsbereiche entsprechend dem EMP Wurm angesetzt. Im Rahmen der Anwendung des Risikobasierten HWSK wurden unterschiedliche Aspekte bei der Bewertung der angesetzten Maßnahmen überprüft. Die nachfolgend aufgelisteten Analysen wurden je Ortsbereich (Maßnahmenbereich) durchgeführt. Die Tabelle 9-1 zeigt detailliert die Ergebnisse dieses Arbeitsschrittes.

Bei der Überprüfung der im EMP Wurm angesetzten Hochwasserschutzmaßnahmen im Hinblick auf das Risikobasierte HWSK wird somit der erforderliche Maßnahmenumfang überprüft. In welcher Form verändern sich ggf. die erforderlichen Maßnahmenkategorien beim Risikobasierten im Vergleich zu bisher untersuchten HWSK. Es wird somit ein Vergleich der erforderlichen Maßnahmen im Projekt EMP Wurm und beim Risikobasierten HWSK durchgeführt. Folgende Fragen werden in der Tabelle 9-1 für das Risikobasierte HWSK im Vergleich zum EMP Wurm für die Variante 1 untersucht:

- Sind für Ortschaften keine Maßnahmen erforderlich?
- Welche Maßnahmen können entfallen?
- Welche Maßnahmen können kleiner ausfallen?
- Sind Maßnahmen zu erhöhen?
- Sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich? Wenn ja, in welchem Umfang?

In der Tabelle 9-2 sind analog zu Tabelle 9-1 zusammenfassend die erreichten Basisschutzziele für

- den **Istzustand**,
- die **Variante 1** (im Rahmen des EMP Wurm geplante Maßnahmen) und
- die **Varianten 2 und 1a** (im Rahmen des Pilotprojektes geplante Maßnahmen)

dargestellt. Weiterhin werden die betroffenen Bereiche und die potenziell erforderlichen weiteren Maßnahmen aufgelistet.

Im Folgenden werden die einzelnen Inhalte der Tabellen erläutert.

Block 1 der Tabelle 9-1: Maßnahmenplanung entsprechend dem Entwurf Masterplan Wurm (EMP Wurm)

Die Tabelleninhalte dokumentieren die Maßnahmenplanungen, die im Rahmen des EMP Wurm entwickelt wurden sowie deren Schutzfunktionen. Ob das angesetzte Schutzziel erreicht wird, zeigen die Zellenfarben Grün (erreicht) und Rot (nicht erreicht).

Folgende Spalten sind in der Tabelle 9-1 enthalten:

- maßgebliche Betroffenheiten Istzustand ab:
Hochwasserjährlichkeit ab der im Istzustand Betroffenheiten in den bebauten Gebieten zu erwarten sind
- Maßnahmennummer EMP:
Nummer der Maßnahmen im EMP für die Ortsbereiche

- geplante HWS-Maßnahmen:
Kurzdarstellung der im EMP Wurm untersuchten Hochwasserschutzmaßnahmen
- Schutzziel:
Angesetztes Schutzziel beim EMP Wurm
- Schutzziel EMP erreicht:
Wurde das angesetzte Schutzziel erreicht?
Bis zu welcher Jährlichkeit wurde ein Schutz durch die Maßnahme für den zu schützenden Bereich erzielt?
- Kommentar zur Wirkung der Maßnahme

Block 2 der Tabelle 9-1: Betroffenheiten im Istzustand entsprechend dem Risikobasierten HWSK

Die Tabelleninhalte zeigen, ob für den **Istzustand** die Basisschutzziele in den betrachteten Ortsbereichen erreicht werden oder nicht. Falls im Istzustand das Basisschutzziel erreicht ist, sind entsprechend dem Risikobasierten HWSK keine Maßnahmen in dem jeweiligen Ortsbereich erforderlich. Es wurde untersucht, ob das Basisschutzziel erreicht (Grün) oder nicht erreicht (Rot) wird und in den Tabellenfeldern unterschieden in „erreicht mit Überflutungen“ (Hellgrün) bzw. „erreicht ohne Überflutungen“ (Dunkelgrün). Das Erreichen des Basisschutzziels wird für die Hochwasserabflüsse HQ30, HQ100 und HQ300 und insgesamt dargestellt.

Folgende Spalten sind in der Tabelle 9-1 sowie z. T. in Tabelle 9-2 enthalten:

- Basisschutzziel Ist (gesamt):
Wird das Basisschutzziel im Istzustand insgesamt erreicht (für HQ30, HQ100 und HQ300)?
- Basisschutzziel HQ30:
Wird das Basisschutzziel im Istzustand erreicht für HQ30?
- Basisschutzziel HQ100:
Wird das Basisschutzziel im Istzustand erreicht für HQ100?
- Basisschutzziel HQ300:
Wird das Basisschutzziel im Istzustand erreicht für HQ300?
- Betroffene Bereiche:
Kurzdarstellung der betroffenen Bereiche
- Maßnahmen:
Sind auf der Grundlage des erreichten Basisschutzziels Maßnahmen für die Ortslage in den Maßnahmenbereichen des EMP Wurm erforderlich? Falls das Basisschutzziel bereits im Istzustand erreicht ist, sind keine Maßnahmen im Rahmen des Risikobasierten HWSK zu entwickeln. Die Maßnahmen, die im EMP Wurm angesetzt wurden, können entfallen.
- Anmerkung zu Maßnahme

Block 3 der Tabelle 9-1: Betroffenheiten bei der Variante 1 entsprechend dem Risikobasierten HWSK

Angesetzt wurden bei der **Variante 1** die im Rahmen des EMP Wurm erarbeiteten Maßnahmen (vgl. Tabelle 4-1). Die Tabelleninhalte zeigen, ob für die Variante 1 die Basisschutzziele durch die angesetzten Maßnahmen in den betrachteten Ortsbereichen erreicht werden oder nicht. Falls bei der Variante 1 das Basisschutzziel erreicht wird, wird ergänzend geprüft, ob Maßnahmen ggf. entfallen können. Falls bei der Variante 1 das Basisschutzziel nicht erreicht wird, sind entsprechend dem Risikobasierten HWSK weitere Maßnahmen in dem jeweiligen Ortsbereich erforderlich. Es wurde untersucht, ob das Basisschutzziel erreicht (Grün) oder nicht erreicht (Rot) wird und in den Tabellenfeldern unterschieden in „erreicht mit Überflutungen“ (Hellgrün) bzw. „erreicht ohne Überflutungen“ (Dunkelgrün). Das Erreichen des Basisschutzziels wird für die Hochwasserabflüsse HQ30, HQ100 und HQ300 und insgesamt

dargestellt. Im Rahmen der Auswertungen wird weiterhin dokumentiert, ob die Maßnahmenkulisse des EMP Wurm der erforderlichen Maßnahmenkulisse des Risikobasierten HWSK entspricht. Unterschiedliche Maßnahmenkulissen können auf folgenden Aspekten beruhen:

- Maßnahmen können entfallen
- zusätzliche Maßnahmen bzw. Linienschutzmaßnahmen sind erforderlich

Diese Auswertung zeigt, ob mit der Anwendung des Risikobasierten HWSK die gleiche Maßnahmenkulisse entsteht, wie beim EMP Wurm.

Folgende Spalten sind in der Tabelle 9-1 sowie z. T. in Tabelle 9-2 enthalten:

- Basisschutzziel Var. 1 (gesamt):
Wird das Basisschutzziel insgesamt erreicht (für HQ30, HQ100 und HQ300)?
- Basisschutzziel HQ30:
Wird das Basisschutzziel bei der Variante 1 erreicht für HQ30?
- Basisschutzziel HQ100:
Wird das Basisschutzziel bei der Variante 1 erreicht für HQ100?
- Basisschutzziel HQ300:
Wird das Basisschutzziel bei der Variante 1 erreicht für HQ300?
- Betroffene Bereiche:
Kurzdarstellung der trotz Maßnahmen noch betroffenen Bereiche
- Können Maßnahmen entfallen:
Sind die im Rahmen der Untersuchung EMP Wurm erarbeiteten Maßnahmen auch für das Erreichen des Basisschutzziels im Risikobasierten HWSK erforderlich oder können Maßnahmen entfallen („ja“, „nein“)?
- Sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich:
Sind ergänzend zu den im Rahmen der Untersuchung EMP Wurm erarbeiteten Maßnahmen weitere Maßnahmen für das Erreichen des Basisschutzziels im Risikobasierten HWSK erforderlich („ja“, „nein“)? Im Block 4 der Tabelle 9-1 sind die erforderlichen Maßnahmen dargestellt (s. u.).
- Maßnahmenkulisse EMP vs. Risikobasiertes HWSK:
Ergibt sich beim Risikobasierten HWSK die gleiche erforderliche Maßnahmenkulisse wie die, die beim EMP Wurm angesetzt wurde oder ist sie unterschiedlich („gleich“, „nicht gleich“)?
- Anmerkung zu Unterschieden:
Worauf sind die unterschiedlichen Maßnahmenkulissen zurückzuführen?

Block 4 der Tabelle 9-1: Ergänzende Maßnahmen bei der Variante 1 zur Erreichung des Basisschutzziels beim Risikobasierten HWSK im Hinblick auf Maßnahmenbereiche des EMP Wurm

Die Tabelleninhalte zeigen, in welchem Umfang je Ortsbereich die bei der Variante 1 angesetzten Maßnahmen angepasst werden müssen, damit das Basisschutzziel im Hinblick auf die Maßnahmenbereiche des EMP Wurm erreicht wird. In der Regel sind die Linienschutzmaßnahmen des EMP Wurm zu erhöhen, damit das Basisschutzziel bei HQ300 eingehalten wird.

Folgende Spalten sind in der Tabelle 9-1 enthalten:

- Anmerkungen zu ergänzenden Maßnahmen:
Erforderliche ergänzende Maßnahmen, damit das Basisschutzziel erreicht wird. Angabe von Höhen und Längen bei der Anpassung von Linienschutzmaßnahmen.
- Basisschutzziel Var. 1 mit zusätzlichen Maßnahmen:
Ist das Basisschutzziel in den Ortsbereichen durch die dargestellten ergänzenden Maßnahmen bei der Variante 1 erreichbar?

Tabelle 9-1: Erreichte Basisschutzziele Istzustand und Variante 1 inkl. potenziell erforderliche weitere Maßnahmen

Parameter	Ortsbereiche				
	Aachen	Herzogenrath	Marienberg	Zweibrücken	Frelenberg
Maßnahmenplanung EMP Wurm					
Maßgebliche Betroffenheiten Istzustand ab	HQ100	HQ100	HQ500	HQ50 bzw. HQ100	HQ50
Maßnahmennummer EMP	12	5	14	10	9
Gepl. HWS-Maßnahmen	Abgrabung r. VL, Deich l. VL.	HWS-Mauern	HWS-Mauer für einen kleineren Bereich	HWS-Mauer linkes VL	HWS-Mauer, Abgrabung, Notwasserweg
Schutzziel	HQ100	HQ100	HQextrem	HQ100	HQ100
Schutzziel EMP erreicht	erreicht bis HQ500	teilw. err. bis HQ100	erreicht bis HQextrem	erreicht bis HQ100	erreicht bis HQextrem
Kommentar zur Wirkung	-	Rückstau bei > HQ100	lokale HWS-Maßnahme	-	-
Betroffenheiten Istzustand Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Ist (ges.)	nicht erreicht	nicht erreicht	erreicht ohne Überfl.	nicht erreicht	nicht erreicht
Basisschutzziel HQ30	erreicht ohne Überfl.	nicht erreicht (südl.)	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Basisschutzziel HQ100	erreicht mit Überfl.	nicht erreicht (südl.)	erreicht ohne Überfl.	erreicht mit Überfl.	nicht erreicht
Basisschutzziel HQ300	nicht erreicht	n. erreicht (südl.+nördl.)	erreicht ohne Überfl.	n. erreicht	nicht erreicht
Betroffene Bereiche	Talbotstraße l. VL	Innenstadt	Einkaufszentrum l VL	Bebauung linkes VL	Ortslage
Maßnahmen	erforderlich	erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich
Anmerkung zu Maßnahme	-	-	erst ab HQ500 betroffen	Schutz nur im l. VL	-
Betroffenheiten Variante 1 (Linienschutz), Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Var. 1 (ges.)	erreicht ohne Überfl.	nicht erreicht	erreicht ohne Überfl.	nicht erreicht	erreicht mit Überfl.
Basisschutzziel HQ30	erreicht ohne Überfl.	nicht erreicht (südl.)	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Basisschutzziel HQ100	erreicht ohne Überfl.	nicht erreicht (südl.)	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht mit Überfl.
Basisschutzziel HQ300	erreicht ohne Überfl.	n. erreicht (südl.+nördl.)	erreicht ohne Überfl.	n. erreicht	erreicht mit Überfl.
Betroffene Bereiche	-	Innenstadt	-	Bebauung linkes VL	-
Können Maßnahmen entfallen	nein	nein	ja	nein	nein
Sind zus. Maßnahmen erforderl.	nein	ja, auch Rückstau OW	nein	ja, Erhöhung Mauer	nein
Maßn.-kulisse EMP vs. Risikobas. HWSK	gleich	nicht gleich	nicht gleich	nicht gleich	gleich
Anmerkung zu Unterschieden	-	zus. M. bis HQ300	M. nicht erforderlich	zus. M. für HQ300	-
Ergänzende Maßnahmen Variante 1 zur Zielerreichung Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Anmerkungen zu ergänzenden Maßnahmen	-	Überarbeitung und Ergänzung der HWS-Maßnahmen ist erforderl.	-	Erhöhung der geplanten Mauer bis HQ300	-
	-	Es wurden bereits weitergehende komplexe Detailplanungen durchgef.	-	Erhöhung: max 40 cm, im Mittel 10 cm, Länge 100 m	-
Basisschutzziel Var. 1 mit zusätzlichen Maßnahmen	-	ist erreichbar	-	ist erreichbar	-

Parameter	Ortsbereiche				
	Geilenkirchen	Randerath	Horst	Porselen	Dremmen
Maßnahmenplanung EMP Wurm					
Maßgebliche Betroffenheiten Istzustand ab	HQ20 UW Kasten, HQ100_Klima OW K.	HQ10 bzw. HQ20	HQ30 (EMP: HQ50)	HQ100_Klima	HQ200
Maßnahmennummer EMP	4 und 8	3	2	11	11
Gepl. HWS-Maßnahmen	HWS-Mauern im OW und UW Durchlass	Deiche, HWS-Mauern, Renaturierung, Aufschüttung	Deich, Grabenumbau	Durchlassvergrößerung für Schutz Proselen	Mobiler Linienchutz (Verschluss Autobahndurchlass)
Schutzziel	HQ100	HQ100	HQ100	HQextrem	HQextrem
Schutzziel EMP erreicht	erreicht bis HQ200	erreicht bis HQ100	erreicht bis HQextrem	nicht erreicht	erreicht bis HQextrem
Kommentar zur Wirkung	-	-	-	Schadensreduzierung	-
Betroffenheiten Istzustand Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Ist (ges.)	nicht erreicht	nicht erreicht	nicht erreicht	erreicht mit Überfl.	erreicht mit Überfl.
Basisschutzziel HQ30	nicht erreicht	nicht erreicht	nicht erreicht	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Basisschutzziel HQ100	nicht erreicht	nicht erreicht	nicht erreicht	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Basisschutzziel HQ300	nicht erreicht	nicht erreicht	erreicht mit Überfl.	erreicht mit Überfl.	erreicht mit Überfl.
Betroffene Bereiche	Innenstadt	Ortslage	Ortslage	-	-
Maßnahmen	erforderlich	erforderlich	erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich
Anmerkung zu Maßnahme	-	-	-	-	-
Betroffenheiten Variante 1 (Linienchutz), Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Var. 1 (ges.)	nicht erreicht	erreicht mit Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht mit Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Basisschutzziel HQ30	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Basisschutzziel HQ100	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Basisschutzziel HQ300	n. erreicht	erreicht mit Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht mit Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Betroffene Bereiche	Innenstadt	-	-	-	-
Können Maßnahmen entfallen	nein	nein	nein	ja	ja
Sind zus. Maßnahmen erforderl.	ja, Erhöhung Mauer	nein	nein	nein	nein
Maßn.-kulisse EMP vs. Risikobas. HWSK	nicht gleich	gleich	gleich	nicht gleich	nicht gleich
Anmerkung zu Unterschieden	zus. M. bis HQ300	-	-	M. nicht erforderlich	M. nicht erforderlich
Ergänzende Maßnahmen Variante 1 zur Zielerreichung Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Anmerkungen zu ergänzenden Maßnahmen	Erhöhung Mauern OW Einlauf Durchlass	-	-	-	-
	Erhöhung: ca. 20 cm, Länge 200 m	-	-	-	-
Basisschutzziel Var. 1 mit zusätzlichen Maßnahmen	ist erreichbar	-	-	-	-

Tabelle 9-2: Erreichte Basisschutzziele Istzustand und Varianten 1, 2 und 1a inkl. potenziell erforderliche weitere Maßnahmen

Parameter	Ortsbereiche				
	Aachen	Herzogenrath	Marienberg	Zweibrücken	Frelenberg
Betroffenheiten Istzustand Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Ist	nicht erreicht	nicht erreicht	erreicht ohne Überfl.	nicht erreicht	nicht erreicht
Betroffene Bereiche	Talbotstraße l. VL	Innenstadt	Einkaufszentrum l VL	Bebauung linkes VL	Ortslage
Maßnahmen	erforderlich	erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich
Betroffenheiten Variante 1 (Linienchutz), Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Var. 1	erreicht ohne Überfl.	nicht erreicht	erreicht ohne Überfl.	nicht erreicht	erreicht mit Überfl.
Sind zus. Maßnahmen erforderl.	nein	ja, komplex, Rückstau im OW kompensieren	nein	ja, Erhöhung Mauer	nein
Betroffenheiten Variante 2 (2 HRB), Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Var. 2	nicht erreicht	nicht erreicht	erreicht ohne Überfl.	erreicht mit Überfl.	nicht erreicht
Sind zus. Maßnahmen erforderl.	ja, HRB im UW	ja, komplex	nein	nein	ja
falls ja, für HQ	300	30,100,300	-	-	300
Maßnahmentyp	entsprechend Var. 1	entspr. Var. 1 (kleiner)	-	-	entsp. Var. 1 (nur Mauer)
Basisschutzziel Var. 2 mit zusätzlichen Maßn.	ist erreichbar (s. Var 1)	ist erreichbar	-	-	ist erreichbar

Parameter	Ortsbereiche				
	Geilenkirchen	Randerath	Horst	Porselen	Dremmen
Betroffenheiten Istzustand Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Ist	nicht erreicht	nicht erreicht	nicht erreicht	erreicht mit Überfl.	erreicht mit Überfl.
Betroffene Bereiche	Innenstadt	Ortslage	Ortslage	-	-
Maßnahmen	erforderlich	erforderlich	erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich
Betroffenheiten Variante 1 (Linienschutz), Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Var. 1	nicht erreicht	erreicht mit Überfl.	erreicht ohne Überfl.	erreicht mit Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Sind zus. Maßnahmen erforderl.	ja, Erhöhung Mauer	nein	nein	nein	nein
Betroffenheiten Variante 2 (2 HRB), Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Var. 2	nahezu erreicht mit geringen Überfl.	nicht erreicht	erreicht mit Überfl.	erreicht mit Überfl.	erreicht ohne Überfl.
Sind zus. Maßnahmen erforderl.	ggf.	ja	nein	nein	nein
falls ja, für HQ	300	30, 300	-	-	-
Maßnahmentyp	Objektschutz	entspr. Var. 1, 1a, aber kleinere Maßnahmen	-	-	-
Basisschutzziel Var. 2 mit zusätzlichen Maßn.	ist erreichbar	ist erreichbar	-	-	-
Betroffenheiten Variante 1a ("Brücke und Damm" Randerath), Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Maßnahmenbereiche EMP Wurm					
Basisschutzziel Var. 1a		erreicht mit Überfl.			
Sind zus. Maßnahmen erforderl.		nein			
falls ja, für HQ		-			
Maßnahmentyp		-			
Basisschutzziel Var. 1a mit zusätzlichen Maßn.		Maßnahmen 1a sind so erforderlich			

9.1.1.2 Analyseergebnisse

Aus den Auswertungen und Ergebnissen, die im Hinblick auf den Basisschutz und die erforderlichen Maßnahmen in Tabelle 9-1 und Tabelle 9-2 detailliert dargestellt wurden, ergeben sich folgende Aspekte:

Istzustand (Tabelle 9-1 und Tabelle 9-2)

- Die bisherige Planung im EMP Wurm wird durch das Risikobasierte HWSK in großen Teilen bestätigt. Dies kann auf die folgenden Bemessungsgrößen zurückgeführt werden:
 - Das im EMP Wurm definierte Schutzziel ist i. d. R. das HQ100, welches auch im Risikobasierten HWSK die maßgebliche Jährlichkeit für Hochwasserschutzmaßnahmen ist.
 - Der im EMP angesetzte Freibord für Deiche und Mauern beträgt 50 cm. Dieser wird auch im Risikobasierten HWSK definiert.
 - Die Maßnahmen, die im EMP Wurm angesetzt wurden entsprechen somit i. d. R. denen, die im Risikobasierten HWSK anzusetzen sind.
- Für die drei Ortsbereiche, für die im EMP Wurm ein höheres Schutzziel als HQ100 definiert wurde, können die Maßnahmen entfallen:
 - **Marienberg** ist im Istzustand erst ab einem HQ500 betroffen, daher liegen bei HQ300 keine Überflutungen in den Maßnahmenbereichen vor („Basisschutzziel erreicht ohne Überflutung“).
 - Porselen und das Industriegebiet in Dremmen sind im Istzustand erst ab einem HQ100_Klima bzw. ab einem HQ200 betroffen. Bei einem HQ300 liegen daher Überflutungen in den bebauten Gebieten vor, die jedoch das Basisschutzziel nicht überschreiten („Basisschutzziel erreicht mit Überflutung“).
 - Dies zeigt, dass beim Risikobasierten HWSK somit im Vergleich zu standardmäßigen HWSK, die auf überflutungsfreie Gebiete zielen, durch alternative Schutzziele z. T. keine Maßnahmen erforderlich sind.
- Bei den Ortschaften, für die im EMP Wurm als Schutzziel das HQ100 definiert wurde, sind auch Maßnahmen im Sinne des Risikobasierten HWSK erforderlich.
 - Für die sieben Ortsbereiche Aachen, Herzogenrath, Zweibrüggen, Frelenberg, Geilenkirchen, Randerath und Horst ergibt das Risikobasierte HWSK, dass die Basisschutzziele bei HQ30, HQ100 und/oder HQ300 nicht erreicht werden.
 - Zum Teil wird das Basisschutzziel trotz Überflutung bei HQ100 und HQ300 erreicht, obwohl Überflutungen in den Siedlungsgebieten vorliegen („Basisschutzziel erreicht mit Überflutung“). Diese „zulässigen“ Überflutungen liegen im Istzustand beim HQ100 (Aachen, Zweibrüggen) und beim HQ300 vor (Horst). Dies zeigt, dass das Risikobasierte HWSK somit im Vergleich zu standardmäßigen HWSK, die auf überflutungsfreie Gebiete zielen, durch alternative Schutzziele z. T. kleinere Maßnahmen erfordert.

Variante 1 (Tabelle 9-1 und Tabelle 9-2)

- Für die drei Ortsbereiche Marienberg, Porselen und das Industriegebiet in Dremmen ist der Basisschutz bereits im Istzustand erreicht (s. o. Istzustand).
- Für sieben Ortsbereiche wurden die Maßnahmen aus dem EMP Wurm übernommen und das Erreichen des Basisschutzziels jeweils überprüft und bewertet.
- In vier der sieben Ortsbereiche wird das Basisschutzziel durch die Maßnahmen erreicht (**Aachen, Frelenberg, Randerath und Horst**).
 - In Frelenberg und in Randerath wird das Basisschutzziel trotz Überflutung bei HQ100 bzw. HQ300 erreicht, obwohl Überflutungen in den Siedlungsgebieten vorliegen („Basisschutzziel erreicht mit Überflutung“). In Randerath wird der Deich im Osten der Ortschaft bei HQ300 umströmt. Dies zeigt, dass das Risikobasierte HWSK somit im

Vergleich zu standardmäßigen HWSK, die auf überflutungsfreie Gebiete zielen, durch alternative Schutzziele kleinere Maßnahmen erfordert.

- In drei der sieben Ortsbereiche wird das Basisschutzziel durch die Maßnahmen nicht erreicht (**Herzogenrath, Zweibrücken und Geilenkirchen**).
 - Linienschutzmaßnahmen, die auf der Grundlage des Risikobasierten HWSK geplant werden, sind in den drei Ortsbereichen im Vergleich zu dem EMP Wurm in Abschnitten zu ergänzen bzw. zu erhöhen, damit das Basisschutzziel jeweils erreicht wird.
 - In Herzogenrath wird im EMP Wurm durch die entwickelten Maßnahmen das angestrebte Schutzziel im Innenstadtbereich zu großen Teilen erreicht. Durch die Maßnahmen ergibt sich jedoch ein schädlicher Aufstau im Oberwasser. Dieser bewirkt bereits bei HQ30, dass das Basisschutzziel für Herzogenrath nicht erreicht wird. Bereits im Anschluss an den EMP Wurm wurden vom WVER detaillierte alternative Maßnahmen entwickelt, die mittels 2D-Simulationen dimensioniert wurden. Ziel war, den Innenstadtbereich von Herzogenrath zu schützen, ohne einen schädlichen Aufstau zu erzeugen.
 - In Zweibrücken ergeben sich bei einem HQ300 Überströmungen der Linienschutzmaßnahmen, die im EMP Wurm entwickelt wurden. Für diese Jährlichkeit werden Risiken in den zu schützenden Bereichen erzeugt, die nicht dem Basisschutzziel entsprechen. Dies zeigen die Karten der Risikobereiche (Anlage 5-11 bzw. 5-13). Die Linienschutzmaßnahmen sind in Teilbereichen auf einer Länge von rund 100 m um im Mittel 10 cm zu erhöhen, damit bei einem HQ300 die Hochwasserschutzmauer nicht überströmt wird (Freibord 0 cm).
 - In Geilenkirchen ergeben sich bei einem HQ300 Überströmungen der Linienschutzmaßnahmen, die im EMP Wurm entwickelt wurden. Für diese Jährlichkeit werden Risiken in den zu schützenden Bereichen erzeugt, die nicht dem Basisschutzziel entsprechen. Dies zeigt die Karte der Risikobereiche (Anlage 5-11 bzw. 5-13). Die Linienschutzmaßnahmen sind im Bereich des Einlaufs in den Durchlass auf einer Länge von rund 200 m um im Mittel 20 cm zu erhöhen, damit bei einem HQ300 die Hochwasserschutzmauer nicht überströmt wird (Freibord 0 cm).
 - Durch die o. g. zusätzlichen Maßnahmen können in Herzogenrath, Zweibrücken und Geilenkirchen die Basisschutzziele erreicht werden.
- Es wurde für die Variante 1 generell geprüft, ob Maßnahmen in den sieben Ortsbereichen entfallen können. Es zeigte sich, dass keine Linienschutzmaßnahmen entfallen können.
- Die Überströmung bei Deichen muss generell ausgeschlossen werden. Daher wurden bei den Deichen, die auf ein HQ100 (+ 50 Freibord) bemessen wurden, der vorhandene Freibord bei HQ300 geprüft. Die Deiche werden generell bei HQ300 nicht überflutet, z. T. aber umströmt, was erlaubt ist. Hochwasserschutzmauern dürfen überströmt werden.
- Erforderliche Maßnahmenkulisse: EMP Wurm im Vergleich zum Risikobasierten HWSK
 - Für drei Ortsbereiche sind im Vergleich zum EMP Wurm beim Risikobasierten HWSK keine Maßnahmen erforderlich.
 - Für vier Ortsbereiche sind im Vergleich zum EMP Wurm beim Risikobasierten HWSK die gleichen Maßnahmen erforderlich.
 - Für drei Ortsbereiche sind im Vergleich zum EMP Wurm beim Risikobasierten HWSK ergänzende Maßnahmen erforderlich.
 - Beim Risikobasierten HWSK ergeben sich somit im Vergleich zu herkömmlichen HWSK z. T. andere Maßnahmenkulissen.

Variante 2 (Tabelle 9-2)

- Die Variante 2 beinhaltet zwei geplante HRB („Alter Bahndamm Herzogenrath“ und „Rimbürg“).

- Die beiden HRB wirken abflussreduzierend von Herzogenrath bis zur Mündung in die Rur.
- Das HRB „Alter Bahndamm“ liegt in Herzogenrath und daher hat die Maßnahme keine Auswirkungen auf den Ortsbereich Aachen. Hier sind ergänzende Maßnahmen entsprechend der Variante 1 anzusetzen.
- Für die drei Ortsbereiche Marienberg, Porselen und das Industriegebiet in Dremmen ist der Basisschutz bereits im Istzustand erreicht (s. o. Istzustand). Die HRB verringern hier jeweils das Risiko vor Überflutungen.
- In drei Ortsbereichen wird das Basisschutzziel durch die HRB erreicht (Zweibrücken, Geilenkirchen und Horst).
 - In den drei Ortsbereichen wird das Basisschutzziel trotz Überflutung bei HQ100 bzw. HQ300 erreicht, obwohl Überflutungen in den Siedlungsgebieten vorliegen („Basisschutzziel erreicht mit Überflutung“). Dies zeigt, dass das Risikobasierte HWSK somit im Vergleich zu standardmäßigen HWSK, die auf überflutungsfreie Gebiete zielen, durch alternative Schutzziele kleinere Maßnahmen erfordert.
 - In Geilenkirchen liegt in einer kleinen Fläche eine geringfügige Überschreitung des Basisschutzziels bei HQ300 vor, die ggf. zugelassen werden kann. Bei punktuellen Überschreitungen sind u. U. Objektschutzmaßnahmen sinnvoller. Dies ist im Rahmen der weiteren Bearbeitung zu prüfen und zu bewerten.
- In drei Ortsbereichen wird das Basisschutzziel durch die HRB nicht erreicht (**Herzogenrath, Frelenberg und Randerath**).
 - In Herzogenrath wird das Basisschutzziel bei HQ30, HQ100 und HQ300 nicht erreicht. Hier sind ergänzende Maßnahmen entsprechend der Variante 1 anzusetzen.
 - In Frelenberg wird das Basisschutzziel bei HQ300 nicht erreicht. Hier sind ergänzende Maßnahmen entsprechend der Variante 1 anzusetzen.
 - In Randerath wird das Basisschutzziel bei HQ30 und HQ300 nicht erreicht. Hier sind ergänzende Maßnahmen entsprechend der Variante 1 oder 1a anzusetzen.
 - In allen drei o. g. Ortsbereichen können durch die abflussreduzierende Wirkung der HRB die weiterhin erforderlichen Maßnahmen der Variante 1 und 1a kleiner ausfallen (geringere Längen und geringere Höhen der Linienschutzmaßnahmen).
 - Durch die o. g. zusätzlichen Maßnahmen können in Herzogenrath, Frelenberg und Randerath die Basisschutzziele erreicht werden.

Variante 1a (Tabelle 9-2)

- Die Variante 1a untersucht abweichend von Variante 1 zwei alternative Teilmaßnahmen („Brücke und Damm“).
- Für Randerath ist der Basisschutz im Istzustand nicht erreicht (s. o. Istzustand).
- In Randerath wird das Basisschutzziel durch die Maßnahmen erreicht.
- Das Basisschutzziel wird trotz Umströmung eines Deichs bei HQ300 erreicht, obwohl Überflutungen in den Siedlungsgebieten vorliegen („Basisschutzziel erreicht mit Überflutung“). Dies zeigt, dass das Risikobasierte HWSK somit im Vergleich zu standardmäßigen HWSK, die auf überflutungsfreie Gebiete zielen, durch alternative Schutzziele kleinere Maßnahmen erfordert.
- Es wurde für die Variante 1a geprüft, ob Maßnahmen in Randerath entfallen können. Es zeigte sich, dass keine Linienschutzmaßnahme entfallen kann.
- Die Überströmung bei Deichen muss generell ausgeschlossen werden. Daher wurden bei den Deichen, die auf ein HQ100 (+ 50 Freibord) bemessen wurden, der vorhandene Freibord bei HQ300 geprüft. Es zeigte sich, dass der im Rahmen des Pilotprojektes angesetzte Deich im linken Vorland bei HQ300 überflutet wurde. Der Deich wurde im Mittel um 7 cm im Vergleich zur ursprünglichen Planung erhöht (Freibord bei HQ300 = 0 cm), vgl. auch Kapitel 4.2.1.

Die Linienschutzmaßnahmen an der Wurm wurden auch schon im EMP Wurm generell auf ein HQ100 + 50 cm Freibord bemessen. Dies entspricht den Anforderungen des Risikobasierten HWSK. Aufgrund dessen sind potenzielle Reduzierungen der Deich- und Mauerhöhen nicht möglich.

9.1.2 Reduzierung der Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner

Die angesetzten Hochwasserschutzmaßnahmen in den Varianten 1, 1a und 2 reduzieren im Vergleich zum Istzustand die überfluteten Gebiete. Für den Istzustand und die drei Varianten wurden die potenziell betroffenen Einwohner ermittelt (vgl. Kapitel 5.2 und Anlage 5-5).

In Tabelle 9-3 werden die Verbesserungen der **Varianten 1 und 2** im Vergleich zum Istzustand dargestellt. Da die Variante 2 erst ab Herzogenrath wirkt, wurde der Abschnitt der Wurm vom HRB Herzogenrath bis zur Mündung in die Rur ausgewertet. In der rechten Spalte sind die Verbesserungen der Variante 2 zur Variante 1 dargestellt. Die Ergebnisse werden durch prozentuale Größen angegeben und verdeutlichen durch die Länge der Balken den Grad der Verbesserung.

Tabelle 9-3: Betroffene Einwohner, Istzustand, Varianten 1 und 2 sowie Verbesserungen (Wurm vom HRB Herzogenrath bis zur Mündung in die Rur)

HQ	Stadtteil	Kartenbasis	Ist (ab Herz.)	Var. 1 (ab Herz.)	Var. 2 (ab Herz.)	Verbesserung Var. 1 zu Ist	Verbesserung Var. 2 zu Ist	Verbesserung Var. 2 zu Var. 1
HQ30	Gesamt	Gefahrenzone_1	326	111	77	66%	76%	10%
		Gefahrenzone_2	66	29	7	56%	89%	33%
		Gefahrenzone_3	15	3	1	80%	93%	13%
		Gefahrenzone_4	1	1	1	0%	0%	0%
		Gefahrenzone_5	1	1	1	0%	0%	0%
		Risikobereich_1	134	88	55	34%	59%	25%
		Risikobereich_2	6	6	2	0%	67%	67%
		Risikobereich_3	239	43	28	82%	88%	6%
		Risikobereich_4	32	8	2	75%	94%	19%
		Summe betr. EW	411	145	87	65%	79%	14%
HQ100	Gesamt	Gefahrenzone_1	555	181	97	67%	83%	15%
		Gefahrenzone_2	173	86	11	50%	94%	43%
		Gefahrenzone_3	39	17	1	56%	97%	41%
		Gefahrenzone_4	0	0	0	0%	0%	0%
		Gefahrenzone_5	2	2	1	0%	50%	50%
		Risikobereich_1	232	152	68	34%	71%	36%
		Risikobereich_2	437	115	39	74%	91%	17%
		Risikobereich_3	81	16	2	80%	98%	17%
		Risikobereich_4	19	3	1	84%	95%	11%
		Summe betr. EW	769	286	110	63%	86%	23%
HQ300	Gesamt	Gefahrenzone_1	1233	932	1050	24%	15%	-10%
		Gefahrenzone_2	565	325	308	42%	45%	3%
		Gefahrenzone_3	186	146	125	22%	33%	11%
		Gefahrenzone_4	6	1	1	83%	83%	0%
		Gefahrenzone_5	2	3	2	0%	0%	0%
		Risikobereich_1	1450	1112	1220	23%	16%	-7%
		Risikobereich_2	431	232	201	46%	53%	7%
		Risikobereich_3	104	60	62	42%	40%	-2%
		Risikobereich_4	7	3	3	57%	57%	0%
		Summe betr. EW	1992	1407	1486	29%	25%	-4%

Tabelle 9-3 zeigt, dass die Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner durch die Maßnahmen deutlich gesenkt wird. Bei HQ30 und HQ100 liegen die Verbesserungen insgesamt bei 63 bis 86 % (Zeilen „Summe betroffene Einwohner“).

Da die Maßnahmen i. d. R. für ein HQ100 bemessen wurden, fallen die Verbesserungen bei HQ300 geringer aus (Zeile „Summe betroffene Einwohner“: Variante 1: 29 %, Variante 2: 25 %).

Insgesamt ist die Variante 2 im Vergleich zur Variante 1 im Hinblick auf die Anzahl der betroffenen Einwohner bei HQ30 und HQ100 wirksamer, bei HQ300 ungefähr gleich (vgl. Tabelle 9-3, rechte Spalte).

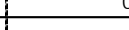
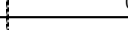
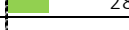
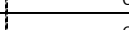
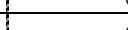
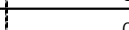
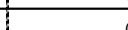
In Tabelle 9-4 werden die Verbesserungen der **Varianten 1 und 1a** im Vergleich zum Istzustand dargestellt. Hier wurde der Ortsbereich Randerath ausgewertet. In der rechten Spalte sind die Verbesserungen der Variante 1a zur Variante 1 dargestellt. Die Ergebnisse werden durch prozentuale Größen angegeben und verdeutlichen durch die Länge der Balken den Grad der Verbesserung.

Tabelle 9-4 zeigt, dass die Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner durch die Maßnahmen in Randerath deutlich gesenkt wird. Bei HQ30 und HQ100 liegen die Verbesserungen insgesamt bei 78 % bis 86 % (Zeilen „Summe betroffene Einwohner“).

Die Maßnahmen sind in Randerath auf ein HQ100 bemessen, wirken aber zum Großteil noch bei HQ300. Die Verbesserungen bei HQ300 sind daher immer noch deutlich, aber im Vergleich zu HQ30 und HQ100 etwas geringer (Zeile „Summe betroffene Einwohner“: Variante 1: 69 %, Variante 1a: 82 %).

Insgesamt ist die Variante 1a im Vergleich zur Variante 1 im Hinblick auf die Anzahl der betroffenen Einwohner wirksamer (vgl. Tabelle 9-4, rechte Spalte).

Tabelle 9-4: Betroffene Einwohner, Istzustand, Varianten 1 und 1a sowie Verbesserungen (für den Ortsbereich Randerath)

HQ	Stadtteil	Kartenbasis	Ist	Var. 1	Var. 1a	Verbesserung Var. 1 zu Ist	Verbesserung Var. 1a zu Ist	Verbesserung Var. 1a zu Var. 1
HQ30	Randerath	Gefahrenzone_1	168	35	25	 79%	 85%	 6%
		Gefahrenzone_2	38	12	4	 68%	 89%	 21%
		Gefahrenzone_3	12	0	0	 100%	 100%	 0%
		Gefahrenzone_4	0	0	1	 0%	 0%	 0%
		Gefahrenzone_5	0	0	0	 0%	 0%	 0%
		Risikobereich_1	77	41	22	 47%	 71%	 25%
		Risikobereich_2	0	0	0	 0%	 0%	 0%
		Risikobereich_3	129	6	6	 95%	 95%	 0%
		Risikobereich_4	12	0	2	 100%	 83%	 -17%
		Summe betr. EW	218	47	30	 78%	 86%	 8%
HQ100	Randerath	Gefahrenzone_1	202	29	37	 86%	 82%	 -4%
		Gefahrenzone_2	55	14	12	 75%	 78%	 4%
		Gefahrenzone_3	18	13	1	 28%	 94%	 67%
		Gefahrenzone_4	0	0	1	 0%	 0%	 0%
		Gefahrenzone_5	0	0	0	 0%	 0%	 0%
		Risikobereich_1	86	47	33	 45%	 62%	 16%
		Risikobereich_2	160	9	16	 94%	 90%	 -4%
		Risikobereich_3	27	0	0	 100%	 100%	 0%
		Risikobereich_4	2	0	2	 100%	 0%	 0%
		Summe betr. EW	275	56	51	 80%	 81%	 2%
HQ300	Randerath	Gefahrenzone_1	260	63	44	 76%	 83%	 7%
		Gefahrenzone_2	88	31	21	 65%	 76%	 11%
		Gefahrenzone_3	39	26	3	 33%	 92%	 59%
		Gefahrenzone_4	0	0	1	 0%	 0%	 0%
		Gefahrenzone_5	0	0	0	 0%	 0%	 0%
		Risikobereich_1	321	108	63	 66%	 80%	 14%
		Risikobereich_2	53	12	5	 77%	 91%	 13%
		Risikobereich_3	13	0	0	 100%	 100%	 0%
		Risikobereich_4	0	0	1	 0%	 0%	 0%
		Summe betr. EW	387	120	69	 69%	 82%	 13%

Die im Rahmen des Risikobasierten HWSK untersuchte Wirkung der Maßnahmen auf die potenziell betroffenen Einwohner zeigt an der Wurm, dass durch die Maßnahmen eine deutliche Verbesserung erzielt wird. Dieser Aspekt ist bei der Bewertung von Maßnahmen zu berücksichtigen.

9.1.3 Reduzierung der Anzahl der potenziell betroffenen vulnerablen Gebäude

Die angesetzten Hochwasserschutzmaßnahmen in den Varianten 1, 1a und 2 reduzieren im Vergleich zum Istzustand die überfluteten Gebiete. Für den Istzustand und die drei Varianten wurden die potenziell betroffenen vulnerablen Gebäude ermittelt (vgl. Kapitel 5.1 und Anlage 5-4).

In Tabelle 9-5 werden die Verbesserungen der **Varianten 1 und 2** im Vergleich zum Istzustand dargestellt. In Randerath sind im Istzustand keine vulnerablen Objekte betroffen, daher wird der Ortsbereich Randerath für die Varianten 1 und 1a nicht ausgewertet. In der rechten Spalte

sind die Verbesserungen der Variante 1 zur Variante 2 dargestellt. Die Ergebnisse werden durch prozentuale Größen angegeben und verdeutlichen durch die Länge der Balken den Grad der Verbesserung.

Tabelle 9-5: Potenziell betroffene vulnerable Objekte, Istzustand, Varianten 1 und 2 sowie Verbesserungen (Wurm von Aachen bis zur Mündung in die Rur)

HQ	Stadt	Vulnerabilitätsstufe	Ist	Var. 1	Var. 2	Verbesserung Var. 1 zu Ist	Verbesserung Var. 2 zu Ist	Verbesserung Var. 1 zu Var. 2
HQ30	Geilenkirchen	Anzahl 'höchst vulnerabel'	1	0	0	100%	100%	0%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	1	0	0	100%	100%	0%
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
	Übach-Palenberg	Anzahl 'höchst vulnerabel'	1	1	1	0%	0%	0%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	0	0	0			
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
	Gesamt	Anzahl 'höchst vulnerabel'	2	1	1	50%	50%	0%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	1	0	0	100%	100%	0%
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
HQ100	Aachen	Anzahl 'höchst vulnerabel'	1	0	1	100%	0%	100%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	0	0	0			
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
	Geilenkirchen	Anzahl 'höchst vulnerabel'	1	0	0	100%	100%	0%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	4	0	0	100%	100%	0%
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
	Übach-Palenberg	Anzahl 'höchst vulnerabel'	1	1	1	0%	0%	0%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	0	0	0			
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
	Gesamt	Anzahl 'höchst vulnerabel'	3	1	2	67%	33%	33%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	4	0	0	100%	100%	0%
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
HQ300	Aachen	Anzahl 'höchst vulnerabel'	1	0	1	100%	0%	100%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	1	0	1	100%	0%	100%
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
	Geilenkirchen	Anzahl 'höchst vulnerabel'	1	1	1	0%	0%	0%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	4	4	4	0%	0%	0%
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	1	1	1	0%	0%	0%
	Porselen	Anzahl 'höchst vulnerabel'	1	0	1	100%	0%	100%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	0	0	0			
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
	Übach-Palenberg	Anzahl 'höchst vulnerabel'	1	1	1	0%	0%	0%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	0	0	0			
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	0	0	0			
	Gesamt	Anzahl 'höchst vulnerabel'	4	2	4	50%	0%	50%
		Anzahl 'hoch vulnerabel'	5	4	5	20%	0%	20%
		Anzahl 'funktionale Gebäude'	1	1	1	0%	0%	0%
Hinweise:								
Betroffene vulnerable Objekte								
Verbesserungen durch die Maßnahmen im Vergleich zum Istzustand								
- Die Variante 2 (2 HRB) wirkt erst ab Herzogenrath (keine Wirkung in Aachen)								
- In Randerath sind keine vulnerablen Objekte betroffen (keine Auswertung für Var. 1a)								
- Nicht aufgelistete Städte haben keine betroffenen vulnerablen Gebäude/Objekte								

Tabelle 9-5 zeigt, dass die Anzahl der potenziell betroffenen vulnerablen Objekte durch die Maßnahmen deutlich gesenkt wird. Bei HQ30 liegt die Verbesserung insgesamt bei 2 Objekten, bei HQ100 liegt sie bei 5 bzw. 6 Objekten (Summen der Objekte in den Zeilen „Gesamt“).

Da die Maßnahmen i. d. R. für ein HQ100 bemessen wurden, fallen die Verbesserungen bei HQ300 geringer aus (Summen der Objekte in der Zeile „Gesamt“: Variante 1: von 10 auf 7 Objekte, Variante 2: keine Reduzierung der Objekte).

Insgesamt ist die Variante 1 im Vergleich zur Variante 2 im Hinblick auf die Anzahl der betroffenen vulnerablen Objekte wirksamer (vgl. Tabelle 9-5, rechte Spalte).

9.1.4 Gesamtbewertung der Wirksamkeit der Varianten an der Wurm

In der Tabelle 9-6 sind die in den Kapiteln 9.1.1 (Erreichen des Basisschutzziels), 9.1.2 (Reduzierung der Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner) und 9.1.3 (Reduzierung der Anzahl der potenziell betroffenen vulnerablen Gebäude) zusammenfassend dargestellt. In der rechten Spalte ist die Gesamtbewertung der Varianten enthalten.

Die Ergebnisse des Risikobasierten HWSK lassen sich für die Varianten an der Wurm folgendermaßen zusammenfassen:

- Für einige Ortschaften sind entsprechend des Basisschutzziels im Vergleich zum EMP Wurm keine Maßnahmen erforderlich (Istzustand).
- Für einige Ortschaften sind entsprechend des Basisschutzziels im Vergleich zum EMP Wurm zusätzliche Maßnahmen erforderlich.
- **Variante 1 und 2 (gesamter Verlauf):**
 - Das Basisschutzziel wird bei beiden Varianten zum großen Teil erreicht.
 - Es ergeben sich durch die Maßnahmen bei beiden Varianten deutliche Verringerungen in der Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner.
 - Es ergeben sich durch die Maßnahmen bei beiden Varianten bei HQ30 und HQ100 deutliche Verringerungen in der Anzahl der potenziell betroffenen vulnerablen Objekte.
 - Der Vergleich der Variante 1 mit Variante 2 zeigt,
 - dass die Variante 1 beim Basisschutzziel eine größere positive Wirkung besitzt,
 - dass die Variante 2 bei den potenziell betroffenen Einwohnern eine größere positive Wirkung besitzt,
 - dass beide Varianten bei den potenziell betroffenen vulnerablen Objekten eine ähnlich positive Wirkung besitzen.
- **Variante 1 und 1a (Randerath):**
 - Das Basisschutzziel wird bei beiden Varianten komplett erreicht.
 - Es ergeben sich durch die Maßnahmen bei beiden Varianten deutliche Verringerungen in der Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner.
 - Der Vergleich der Variante 1 mit Variante 1a zeigt,
 - dass beide Varianten beim Basisschutzziel jeweils eine positive Wirkung besitzen,
 - dass die Variante 1a bei den potenziell betroffenen Einwohnern eine größere positive Wirkung besitzt.

In der Tabelle 9-6 erfolgt die Gesamtbewertung für die Wirksamkeit in den Klassen

- hohe Wirksamkeit,
- mittlere Wirksamkeit und
- geringe Wirksamkeit.

Tabelle 9-6: Zusammenfassende Wirksamkeitsanalyse für den Istzustand und die Varianten 1, 2 und 1a

Variante	Basisschutz Risikobereiche	Betroffene Einwohner gesamt ab Herzogenrath und % zu Ist			Betroffene vulnerable Objekte gesamt ab Herzogenrath und % zu Ist			Gesamt- bewertung Wirksamkeit
	Gesamter Verlauf der Wurm	HQ30	HQ100	HQ300	HQ30	HQ100	HQ300	
Ist	Erreicht für 3 von 10 betrachteten Ortschaften (Städte), für 3 Ortschaften sind lt. risikobas. HWSK im Vergleich zum EMP Wurm keine Maßnahmen erforderlich	411	769	1992	3	6	8	-
Variante 1	Erreicht für 7 von 10 betrachteten Ortschaften (Städte), für 3 Ortschaften sind lt. risikobas. HWSK im Vergleich zum EMP Wurm zusätzliche Maßnahmen erforderlich	145	286	1407	1	1	7	mittlere Wirksamkeit
		35%	37%	71%	33%	17%	88%	
Variante 2	Erreicht für 6 von 10 betrachteten Ortschaften (Städte), für 4 Ortschaften sind lt. risikobas. HWSK zusätzliche Maßnahmen erforderlich (Aachen liegt nicht im	87	110	1486	1	1	8	mittlere Wirksamkeit
		21%	14%	75%	33%	17%	100%	
Variante	Basisschutz Risikobereiche	Einwohner gesamt Randerath und % zu Ist			Betroffene vulnerable Objekte gesamt und % zu Ist			Gesamt- bewertung Wirksamkeit
	Randerath	HQ30	HQ100	HQ300	HQ30	HQ100	HQ300	
Ist	Nicht erreicht für HQ30, HQ100 und HQ300	218	275	387	0	0	0	-
Variante 1	Erreicht ohne Überflutungen für HQ30 und HQ100; erreicht mit Überflutungen für HQ300	47	56	120	0	0	0	hohe Wirksamkeit
		22%	20%	31%	-	-	-	
Variante 1a	Erreicht ohne Überflutungen für HQ30 und HQ100; erreicht mit Überflutungen für HQ300	30	51	69	0	0	0	hohe Wirksamkeit
		14%	19%	18%	-	-	-	

9.2 Wirtschaftlichkeit

Jede betrachtete Variante wird hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet. Grundlage für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit bilden die ermittelten Nutzen-Kosten-Verhältnisse. Dabei muss unterschieden werden, ob die Maßnahmen zur Erreichung des Basisschutzes erforderlich sind oder einem weitergehendem HWS dienen.

9.2.1 Kosten für Basisschutz und Kosten für weitergehenden HWS

Auf Basis des Risikobasierten HWSK ergeben sich ggf. unterschiedliche Anforderungen an die HWS-Maßnahmen zur Erreichung des Basisschutzes und zur Erreichung des definierten Schutzziels.

Um die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen gezielt bewerten zu können und auch im Hinblick auf mögliche Förderungen, sollte für jede erarbeitete Variante überprüft werden, ob zur Erreichung des definierten Schutzziels aufwändigere Maßnahmen als zur Erreichung des Basisschutzes erforderlich sind. Dies kann zum Beispiel eine höhere Oberkante eines Linienschutzes oder ein größeres Rückhaltevolumen eines HRB sein.

Falls bei der Überprüfung festgestellt wird, dass aufwändigere Maßnahmen zur Erreichung des Schutzziels erforderlich sind, sollte für die betreffenden Varianten für beide Umsetzungsvarianten eine Nutzen-Kosten-Analyse durchgeführt werden. Dazu sind die Kostenrahmen für beide Umsetzungsvarianten zu ermitteln und die jeweiligen Überflutungsflächen im hydraulischen Modell zu ermitteln. Anschließend kann jeweils das Schadenspotenzial und das Nutzen-Kosten-Verhältnis ermittelt werden (vgl. Kapitel 8).

Das Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse ist dann in der Bewertung der Wirtschaftlichkeit für die jeweilige Umsetzungsvariante zu berücksichtigen.

9.2.2 Schadenspotenziale und Nutzen-Kosten-Verhältnis

Die Ermittlung der Schadenspotenziale, der Maßnahmenkosten und des Nutzen-Kosten-Verhältnisses wurde in den Kapiteln 6, 7 und 8 ausführlich beschrieben.

9.2.3 Berücksichtigung der ökologischen Verbesserung durch Maßnahmen

Ökologische Maßnahmen, die sich positiv auf die Zielerreichung der WRRL auswirken, sind oft mit höheren Kosten verbunden. Da die ökologische Verbesserung als eigenständige Kategorie in die Gesamtbewertung einfließt, sind zusätzliche Kosten durch ökologische Maßnahmen bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit nicht gesondert zu betrachten. Vielmehr wirken sich zusätzliche Kosten direkt auf die Nutzen-Kosten-Analyse aus.

9.2.4 Gesamtbewertung der Wirtschaftlichkeit der Varianten an der Wurm

Die Bewertung erfolgt in Abhängigkeit vom Nutzen-Kosten-Verhältnis in vier Klassen (vgl. Kapitel 8):

- NKV größer 1,6: **sehr gut** im Sinne einer Nutzen-Kosten-Analyse
- NKV zwischen 0,8 und 1,6: **gut** im Sinne einer Nutzen-Kosten-Analyse
- NKV zwischen 0,2 und 0,8: **prüfungswürdig**; hier sind weitergehende Untersuchungen erforderlich und ggf. weitere Kriterien zu berücksichtigen.
- NKV bis 0,2: **schlecht** im Sinne einer Nutzen-Kosten-Analyse

Sehr niedrige NKV kleiner 0,2 können als Ausschlusskriterium für die Maßnahme dienen. Wenn diese Maßnahme dennoch weiter betrachtet werden soll, ist dies zu begründen, z. B.

- weil sie alternativlos ist oder
- weil sie zu einem übergeordneten Konzept gehört.

Folgende Nutzen-Kosten-Werte wurden für die Varianten ermittelt (vgl. Kapitel 8.2):

- Variante 1 (gesamter Verlauf der Wurm):
Gutes NKV: 1,16 (5 HQ) bzw. 0,94 (11 HQ) → **gute** Wirtschaftlichkeit
- Variante 2: (vom HRB Herzogenrath bis zur Mündung):
Gutes NKV: 1,15 (5 HQ) bzw. 0,91 (11 HQ) → **gute** Wirtschaftlichkeit
- Variante 1 (nur für Randerath):
Gutes NKV: 1,34 (10 HQ ermittelt im EMP Wurm) → **gute** Wirtschaftlichkeit
- Variante 1a (für Randerath):
Gutes NKV: 1,21 (5 HQ) bzw. 0,84 (11 HQ) → **gute** Wirtschaftlichkeit

9.3 Finanzierbarkeit

Die Finanzierbarkeit der erarbeiteten Varianten spielt eine wesentliche Rolle bei der Festlegung einer Vorzugsvariante. Maßgebend für die Bewertung der Finanzierbarkeit ist der nach Abzug möglicher Förderungen verbleibende und vom Maßnahmenträger zu tragende Eigenanteil. Sehr wirksame und wirtschaftliche Varianten sind nicht zielführend, wenn sie durch den Maßnahmenträger nicht finanziert werden können. Die Bewertung erfolgt in den folgenden Klassen:

- sehr gut finanzierbar
- gut finanzierbar
- schwierig finanzierbar

Maßnahmen, die aufgrund eines zu hohen Eigenanteils für den Maßnahmenträger nicht finanzierbar sind, werden aus der Bewertung ausgeschlossen.

Folgende Aspekte sind bei der Finanzierbarkeit von Maßnahmen zu berücksichtigen bzw. zu bewerten:

- die Gesamtkosten (geschätzter Kostenrahmen)
- der Fördersatz
- der aufzubringende bzw. maximal mögliche Eigenanteil der Kommune

Die Bewertung der Finanzierbarkeit einer Maßnahme ist insbesondere vom aufzubringenden bzw. maximal möglichen Eigenanteil der Kommune abhängig. Dies ist für die Wurm derzeit nicht abzuschätzen. Aufgrund dessen wurde die Bewertung der Finanzierbarkeit sehr grob nur auf der Grundlage der Gesamtkosten (Kostenrahmen) abgeschätzt.

Gesamtkosten und Bewertung der Finanzierbarkeit

Die Kosten der Teilmaßnahmen sind in Kapitel 7 und Anlage 7-3 detailliert aufgeführt. Die Investitionskosten (Bau- und Planungskosten) der Varianten betragen:

- **Variante 1: 9,55 Mio. € netto** (Maßnahmen im gesamten Verlauf der Wurm)
Da die Renaturierungsmaßnahmen sowie die potenziellen Abgrabungen nur lokal auf die Wasserspiegellagen wirken, wurden diese drei Maßnahmen im Kostenrahmen der Variante 1 nicht berücksichtigt.
- **Variante 2: 19,60 Mio. € netto** (2 HRB)
- **Variante 1: 2,56 Mio. € netto** (Maßnahmen in Randerath lt. EMP Wurm)
- **Variante 1a: 5,30 Mio. € netto** (Maßnahmen in Randerath inkl. Deich und Brücke)

Folgende vorläufige Bewertungen der Finanzierbarkeit wurden für die Varianten ermittelt (vgl. Kapitel 8.2):

- Variante 1 (gesamter Verlauf der Wurm):
hohe Kosten aufgrund der Vielzahl von Maßnahmen
Diese sind entsprechend EMP Wurm zu priorisieren.
Bewertet wird hier die Gesamtumsetzung: → **gut** finanzierbar
- Variante 2 (gesamter Verlauf der Wurm):
sehr hohe Kosten, insbesondere beim HRB Rimburg
Bewertet wird hier die Gesamtumsetzung: → **schwierig** finanzierbar
- Variante 1 (Randerath It. EMP Wurm):
moderate Kosten.
Als Teilmaßnahme ist eine Renaturierung enthalten.
Bewertet wird hier die Gesamtumsetzung: → **gut** finanzierbar
- Variante 1 (Randerath It. EMP Wurm):
hohe Kosten, insbesondere durch den Neubau
einer Brücke
Bewertet wird hier die Gesamtumsetzung: → **schwierig** finanzierbar

9.4 Verbesserung Gewässerökologie

Ein weiteres Kriterium bei der Bewertung der Varianten ist die ökologische Verbesserung des Gewässers durch die geplanten Maßnahmen. Zur Ermittlung der ökologischen Verbesserung werden alle Maßnahmen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Gewässerökologie bewertet. Die Bewertung der einzelnen Maßnahmen erfolgt in den Klassen

- sehr positiv
- positiv
- neutral
- negativ

Folgende Grundsätze können bei der Bewertung herangezogen werden¹:

- technischer Linienschutz (Deich, HWS-Mauer, Objektschutz) wirkt negativ, wenn infolgedessen der Entwicklungsraum des Gewässers eingeschränkt wird.
- technische Rückhaltung (HRB, Polder, Drosselbauwerk) ist zunächst neutral zu bewerten
 - Ein HRB kann bei naturnaher Gestaltung (sehr) positiv wirken.
 - Ein HRB im Hauptschluss ist ggf. negativer zu bewerten als ein HRB im Nebenschluss.
 - Die Durchgängigkeit für Organismen, Geschiebe und Fische ist sicherzustellen. Dies ist eine Planungsaufgabe. Dabei können örtliche Restriktionen die Durchgängigkeit verhindern.
- Die Vertiefung eines Stillgewässers ist neutral, wenn dadurch keine Beeinträchtigung des Fließgewässers erfolgt.
- Für die Differenzierung zwischen positiv und sehr positiv sind die Kriterien für einen Strahlursprung geeignet, z. B.
 - mind. 500 m Länge bei kleinen Fließgewässern bzw. mind. 1.000 m bei mittelgroßen Fließgewässern ($EZG < 1.000 \text{ km}^2$)
 - naturnah gestaltetes und/oder sich eigendynamisch entwickelndes Mittelwasserbett in Primär- oder Sekundäraue

¹ Mitteilung BR Münster, Frau Hiller vom 26.09.2025, ergänzt

- naturnaher Entwicklungskorridor, der für die Erreichung von mindestens dem guten ökologischen Zustand (GÖZ) oder dem guten ökologischen Potenzial (GÖP) erforderlich ist
- naturnahe Überflutungsdynamik innerhalb der Sekundär- oder Primäraue
- sehr positive Wirkung, wenn o. g. Kriterien und/oder ein Strahlursprung erreicht wird

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien wurden die im HWSK angesetzten Teilmaßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Gewässerökologie bewertet (vgl. Tabelle 9-7). Die einzelnen Maßnahmen der Variante 1 aus dem EMP Wurm sind in der Tabelle 4-1 dargestellt. Im Kapitel 4.2 sind die Maßnahmen der Varianten 1a und 2 des Pilotprojektes beschrieben.

Im Folgenden werden die einzelnen Inhalte der Tabelle erläutert.

- technischer Linienschutz:
Enthält die Maßnahme einen technischen Linienschutz und wird das Gewässer dadurch eingeeignet?
- technischer Rückhalt:
Enthält die Maßnahme Bauwerke des technischen Rückhalts?
- Vertiefung Stillgewässer:
Enthält die Maßnahme die Vertiefung des Stillgewässers?
- ökologische Aufwertung:
Ist in der Maßnahme eine ökologische Aufwertung des Gewässerabschnitts geplant?
- Strahlursprung:
Bündelt die Maßnahme Kriterien, die zur Erfüllung eines Strahlursprungs erforderlich sind.
 - Länge:
Länge des beplanten Gewässerabschnittes
 - Mittelwasserbett:
Enthält die Maßnahme ein naturnah gestaltetes und/oder sich eigendynamisch entwickelndes Mittelwasserbett in der Primär- oder Sekundäraue?
 - Entwicklungskorridor:
Enthält die Maßnahme einen naturnahen Entwicklungskorridor?
 - Überflutungsdynamik Auen:
Ermöglicht die Maßnahme eine naturnahe Überflutungsdynamik innerhalb der Sekundär- oder Primäraue?
- Umfluter bzw. Flutrinne:
Wird bei der Maßnahme eine Flutrinne oder ein Umfluter angelegt?
- Bewertung:
Bewertung der Teilmaßnahme auf Basis der vorherigen Spalten

Die Einstufung der Bewertung der Maßnahmenbereiche für die **Variante 1** kann entsprechend Tabelle 9-7 folgendermaßen zusammengefasst werden:

- sehr gut: Kein Maßnahmenbereich
- gut: Kein Maßnahmenbereich
- neutral: 3 Maßnahmenbereiche
- negativ: 3 Maßnahmenbereiche

Drei der Maßnahmenbereiche erzielen somit keine Verbesserung der Gewässerökologie und drei haben negative Auswirkungen. Wird für jeden Maßnahmenbereich die Punktzahl entsprechend Tabelle 9-8 angesetzt und der Mittelwert gebildet, ergibt sich ein Mittelwert von 0,50. Nach diesem Verfahren läge die Variante 1 zwischen der negativen und neutralen Klasse. Da die Mittelwertbildung auf der Anzahl der Teilmaßnahmen beruht, jedoch nicht Umfang und Größe (z. B. Länge eines Linienschutzes oder einer Renaturierung) berücksichtigt, kann die

reine Mittelwertbildung nur als Orientierung dienen. Insgesamt dominieren eine Vielzahl von Linienschutzmaßnahmen die Variante 1, sodass als ökologische Gesamtbewertung die Klasse „negativ“ angesetzt wurde. Die abschließende Bewertung der Varianten sollte immer individuell geprüft und ggf. angepasst werden.

Die Bewertung der beiden HRB für die **Variante 2** ist entsprechend Tabelle 9-7:

- neutral: HRB Herzogenrath („Alter Bahndamm“)
- neutral: HRB Rimbürg

Die Bewertungen der HRB sind noch zu prüfen. Folgende Kriterien haben einen Einfluss auf die Bewertung eines HRB: Hauptschluss oder Nebenschluss, naturnahe Gestaltung, Durchgängigkeit u. a. Beide HRB wurden zunächst als neutral bewertet.

Die Tabelle 9-7 zeigt folgende Gesamtbewertungen der Varianten im Hinblick auf die Gewässerökologie:

- **Variante 1** (Alle Maßnahmen an der Wurm aus dem EMP): negativ
- **Variante 2** (Bau eines HRB im Hauptschluss): neutral
- **Variante 1** (nur M3 des EMP Wurm): neutral
- **Variante 1a** (M29 Pilotstudie Wurm): neutral

Tabelle 9-7: Bewertung der Auswirkung auf die Gewässerökologie je Maßnahmenbereich bzw. je Variante

Variante	Nr. der Maßnahme	Name der Maßnahme	Beschreibung der geplanten Maßnahmen	Technischer Linienschutz	Technischer Rückhalt	Vertiefung Stillgewässer	Ökologische Aufwertung	Strahlursprung				Umfluter/Flutrinne	Bewertung
								Länge	Mittelwasserbett	Entw.-korridor	Überfl. Auen		
1	M12 (EMP)	Stadt Aachen (unterhalb Europaplatz)	Retentionsraum rechts unterhalb Europaplatz und Erhöhung Verwaltung links	Ja, Verwaltung, aber Gewässer nicht eingengt	Ja, Retentionsraum rechts früher eingestaut	-	-	-	-	-	-	-	neutral
	M5 (EMP)	Herzogenrath Innenstadt	Hochwasserschutzmauern links und rechts zum Schutz der Innenstadt von Herzogenrath	Ja, starke Einengungen des Gewässers	-	-	-	-	-	-	-	-	negativ
	M9 (EMP)	Übach-Palenberg, Stadtteil Frelenberg	Kombination aus Hochwasserschutzmauer, Abgrabung und Notwasserweg	Ja, tlw. Einengungen des Gewässers	Ja, Abgrabungen und Notwasserweg zur Kompensation der Einengungen	-	-	-	-	-	-	-	neutral
	M4-1 und M8-1 (EMP)	Geilenkirchen Innenstadt	Hochwasserschutzmauern links und rechts oberhalb des Kastenprofils und gleichzeitig unterhalb des Kastenprofils (Maßnahme 4-1)	Ja, starke Einengungen des Gewässers	-	-	-	-	-	-	-	-	negativ

Variante	Nr. der Maßnahme	Name der Maßnahme	Beschreibung der geplanten Maßnahmen	Technischer Linienschutz	Technischer Rückhalt	Vertiefung Stillgewässer	Ökologische Aufwertung	Strahlursprung				Umfluter/Flutrinne	Bewertung
								Länge	Mittelwasserbett	Entw.-korridor	Überfl. Auen		
	M3 (EMP)	Heinsberg, Stadtteil Randerath	Kombination aus Hochwasserschutzmauern, Deichen, Straßen- bzw. Wegerhöhungen, Aufschüttungen und einer Renaturierung	Ja, starke Eingenungen des Gewässers	-	-	Ja, Renaturierung zur Kompensation der Eingenungen	-	-	-	-	-	neutral
	M2 (EMP)	Heinsberg, Stadtteil Horst	Bau eines Deiches vor der Ortschaft	Ja, starke Eingenungen des Gewässers	-	-	-	-	-	-	-	-	negativ
	M16 (EMP)	Linienchutz gesamte Wurm	Alle Maßnahmen an der Wurm aus dem EMP	Gesamturteil Variante 1									negativ
2	M21a (Pilot)	HRB Herzogenrath („Alter Bahndamm“)	Bau eines HRB im Hauptschluss, Vol. = 140.000 m³	-	Ja, HRB, wirkt bei HQ100.	-	-	-	-	-	-	-	neutral (zu prüfen)
	M21b (Pilot)	HRB Rimburg	Bau eines HRB im Hauptschluss, Vol. = 770.000 m³	-	Ja, HRB, wirkt ab HQ5	-	-	-	-	-	-	-	neutral (zu prüfen)
	M21	Beide HRB	Bau eines HRB im Hauptschluss	Gesamturteil Variante 2									negativ
1	M3 (EMP)	Heinsberg, Stadtteil Randerath	Kombination aus Hochwasserschutzmauern, Deichen, Straßen- bzw.	Ja, starke Eingenungen des Gewässers	-	-	Ja, Renaturierung zur	-	-	-	-	-	neutral

Variante	Nr. der Maßnahme	Name der Maßnahme	Beschreibung der geplanten Maßnahmen	Technischer Linienschutz	Technischer Rückhalt	Vertiefung Stillgewässer	Ökologische Aufwertung	Strahlursprung				Umfluter/Flutrinne	Bewertung
								Länge	Mittelwasserbett	Entw.-korridor	Überfl. Auen		
			Wegerhöhungen, Aufschüttungen und einer Renaturierung				Kompensation der Eingungen						
1a	M20 (Pilot)	Heinsberg, Stadtteil Randerath (wie 1 inkl. neue Brücke und neuer Deich)	Kombination aus Hochwasserschutzmauern, Deichen, Straßen- bzw. Wegerhöhungen, Aufschüttungen, einer Renaturierung und Neubau einer Brücke	Ja, starke Eingenungen des Gewässers	-	-	Ja, Renaturierung zur Kompensation der Eingungen	-	-	-	-	-	neutral

9.5 Umsetzbarkeit

Zur Bewertung der Umsetzbarkeit ist eine umfangreiche Widerstands- und Konfliktanalyse durchzuführen. Die im Folgenden dargestellten Aspekte sind für jede geplante Maßnahme zu prüfen und zu bewerten. Anschließend werden die Ergebnisse der Widerstands- und Konfliktanalyse in einer Tabelle dargestellt und je Variante eine Gesamtbewertung für die Umsetzbarkeit in den Klassen

- hohes Umsetzungspotenzial,
- mittleres Umsetzungspotenzial und
- geringes Umsetzungspotenzial

durchgeführt.

Der WVER hat für die Varianten 1 („Linienchutz“), 1a („Brücke und Deich Randerath“) und 2 („2 HRB“) eine detaillierte Widerstands- und Konfliktanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Anlage 9-1 dargestellt. Für die Variante 1 wurden die Hochwasserschutzmaßnahmen der sechs Stadt- bzw. Ortsbereiche Aachen, Herzogenrath, Frelenberg, Geilenkirchen, Randerath und Horst einzeln analysiert und abschließend eine Gesamtbewertung durchgeführt.

Insgesamt liegen folgende Ergebnisse für die Umsetzbarkeit vor:

- Variante 1 (für alle sechs Stadt- bzw. Ortsbereiche):
 - **mittleres** Umsetzungspotenzial (als Mittelwert)
 - **geringes** Umsetzungspotenzial (nach dem Prinzip „one out – all out“, d. h. die schlechteste Bewertung eines Stadt- bzw. Ortsbereichs ist jeweils für die Gesamtbewertung maßgeblich)
- Variante 2: **geringes** Umsetzungspotenzial
- Variante 1 (nur für Randerath): **mittleres** Umsetzungspotenzial
- Variante 1a (für Randerath): **mittleres** Umsetzungspotenzial

Im Rahmen der Widerstands- und Konfliktanalyse werden folgende Aspekte durch eine Vielzahl von Einzelkriterien bewertet:

- Gebietsentwicklungsplan für den Regierungsbezirk Köln Teilabschnitt Köln
 - Siedlungsraum
 - Freiraum
 - Verkehrsinfrastruktur
- Schutzgebiete
 - internationale Schutzgebiete/IUCN (International Union for Conservation of Nature)
 - IUCN-II Nationalpark
 - IUCN-IV Biotop-/Artenschutzgebiet
 - IUCN-V Geschützte Landschaft
 - nationale Schutzgebiete
 - geschützte Biotope
- örtliche Kriterien (Detaillierung der oben genannten Kriterien)
 - Infrastruktur
 - Verkehr
 - Flächenverfügbarkeit
 - Geologie
 - Freizeit
 - Umsetzung

Die jeweiligen Bewertungskriterien der o. g. Aspekte sind in der Anlage 9-1 dargestellt.

9.6 Festlegung einer Vorzugsvariante

Die Festlegung einer Vorzugsvariante erfolgt auf Basis eines Bewertungsschemas der fünf zuvor beschriebenen Kriterien. Dabei erhält jede Variante (ggf. mit verschiedenen Umsetzungsvarianten) je Kriterium eine Punktzahl, welche in die Festlegung einer Vorzugsvariante einfließt (vgl. Tabelle 9-8).

Tabelle 9-8: Punkteverteilung Bewertungskriterien

Wirksamkeit	
Bewertung	Punkte
hohe Wirksamkeit	3
mittlere Wirksamkeit	2
geringe Wirksamkeit	1
Wirtschaftlichkeit	
Bewertung	Punkte
sehr gute Wirtschaftlichkeit (NKV größer 1,6)	3
gute Wirtschaftlichkeit (NKV zwischen 0,8 und 1,6)	2
prüfungswürdige Wirtschaftlichkeit (NKV zwischen 0,2 und 0,8)	1
schlechte Wirtschaftlichkeit (NKV kleiner 0,2)	0
Finanzierbarkeit	
Bewertung	Punkte
sehr gut finanzierbar	3
gut finanzierbar	2
schwierig finanzierbar	1
Verbesserung der Gewässerökologie	
Bewertung	Punkte
sehr positiv, deutliche Verbesserung der Gewässerökologie	3
positiv, Verbesserung der Gewässerökologie	2
neutral, weder positive noch negative Auswirkungen	1
negative Auswirkung auf die Gewässerökologie	0
Umsetzbarkeit	
Bewertung	Punkte
hohes Umsetzungspotenzial	3
mittleres Umsetzungspotenzial	2
geringes Umsetzungspotenzial	1

Dabei können die einzelnen Kriterien in Abhängigkeit von den projektspezifischen Besonderheiten unterschiedlich gewichtet werden. Folgende Gewichte erhalten die Kriterien in der Standardgewichtung (s. Tabelle 9-9).

Tabelle 9-9: Standardgewichte der Bewertungskriterien

Bewertungskriterium	Gewicht
Wirksamkeit	1
Wirtschaftlichkeit	0,5
Finanzierbarkeit	0,5
Verbesserung der Gewässerökologie	1
Umsetzbarkeit	1

Damit die „monetäre Bewertung“ im Vergleich zu den weiteren Bewertungskategorien nicht überbewertet wird, wird die Wirtschaftlichkeit und die Finanzierbarkeit getrennt ermittelt und bei der Gewichtungungsverteilung 1 („gleichmäßige Gewichtung“) jeweils mit einem Gewicht von 0,5 angesetzt.

Die Variante, die summiert die meisten mit den Gewichten multiplizierten Punkte erreicht, ist als Vorzugsvariante weiter zu verfolgen.

In Tabelle 9-10 ist die Gesamtbewertung für die Varianten der Pilotstudie Wurm dargestellt. Es werden die Gesamtbewertungen folgender Varianten verglichen:

- Variante 1 vs. Variante 2 (vergleichbarer Wirkungsraum: gesamter Verlauf der Wurm)
- Variante 1 vs. Variante 1a (gleicher Wirkungsraum: Ortslage Randerath)

Das Bewertungsschema wird in der Tabelle 9-10 für vier verschiedene Gewichtungsverteilungen dargestellt:

1. gleichmäßige Gewichtung
(Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit werden zusammenfassend bewertet, s. u.)
2. höhere Gewichtung bei Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit
3. höhere Gewichtung bei Wirksamkeit und ökologischer Verbesserung
4. höhere Gewichtung bei Umsetzbarkeit, Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit

Die maßgebliche Verteilung der Gewichtung ist im Rahmen des jeweiligen HWSK-Projektes mit den Beteiligten zu diskutieren und festzulegen. Sensitivitätsuntersuchungen unterstützen dabei die Wahl der verwendeten Gewichtungsverteilung.

Tabelle 9-10: Bewertungen der Varianten nach unterschiedlichen Gewichtungen

1: Gleichmäßige Gewichtung			ges. Verlauf Wurm		Randerath	
			Var. 1	Var. 2	Var. 1	Var. 1a
Kriterium	Bewertung	Gewicht	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung
Wirksamkeit	3, 2, 1	1	2	2	3	3
Wirtschaftlichkeit	3, 2, 1, 0	0,5	2	2	2	2
Finanzierbarkeit	3, 2, 1	0,5	2	1	2	1
Ökologische Verbesserung	3, 2, 1, 0	1	0	1	1	1
Umsetzbarkeit	3, 2, 1	1	2	1	2	2
Summe			6	5,5	8	7,5

2. Höhere Gewichtung bei Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit			ges. Verlauf Wurm		Randerath	
			Var. 1	Var. 2	Var. 1	Var. 1a
Kriterium	Bewertung	Gewicht	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung
Wirksamkeit	3, 2, 1	1	2	2	3	3
Wirtschaftlichkeit	3, 2, 1, 0	4	2	2	2	2
Finanzierbarkeit	3, 2, 1	4	2	1	2	1
Ökologische Verbesserung	3, 2, 1, 0	1	0	1	1	1
Umsetzbarkeit	3, 2, 1	3	2	1	2	2
Summe			24	18	26	22

3. Höhere Gewichtung bei Wirksamkeit und ökologischer Verbesserung			ges. Verlauf Wurm		Randerath	
			Var. 1	Var. 2	Var. 1	Var. 1a
Kriterium	Bewertung	Gewicht	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung
Wirksamkeit	3, 2, 1	3	2	2	3	3
Wirtschaftlichkeit	3, 2, 1, 0	1	2	2	2	2
Finanzierbarkeit	3, 2, 1	1	2	1	2	1
Ökologische Verbesserung	3, 2, 1, 0	3	0	1	1	1
Umsetzbarkeit	3, 2, 1	1	2	1	2	2
Summe			12	13	18	17

4. Höhere Gewichtung bei Umsetzbarkeit, Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit			ges. Verlauf Wurm		Randerath	
			Var. 1	Var. 2	Var. 1	Var. 1a
Kriterium	Bewertung	Gewicht	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung
Wirksamkeit	3, 2, 1	5	2	2	3	3
Wirtschaftlichkeit	3, 2, 1, 0	5	2	2	2	2
Finanzierbarkeit	3, 2, 1	1	2	1	2	1
Ökologische Verbesserung	3, 2, 1, 0	1	0	1	1	1
Umsetzbarkeit	3, 2, 1	5	2	1	2	2
Summe			32	27	38	37

Im Hinblick auf die zu wählende Vorzugsvariante ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Variante 1 vs. Variante 2 (gesamter Verlauf der Wurm)
 - Die Bewertungen unterscheiden sich in 3 Bewertungskategorien:
 - Variante 1 ist jeweils einen Punkt besser bewertet bei der Finanzierbarkeit und der Umsetzbarkeit.
 - Variante 2 ist einen Punkt besser bewertet bei der ökologischen Verbesserung. Dies ist abschließend zu prüfen.
 - Die Variante 1 hat bei 3 Gewichtungsverteilungen (1, 2 und 4) eine höhere Punktzahl als die Variante 2 (deutlich höher bei 2 und 4).
 - Die Variante 2 hat bei einer Gewichtungsverteilung (3) eine höhere Punktzahl als die Variante 1.

- Variante 1 vs. Variante 1a (Ortsteil Randerath)
 - Die Variante 1 hat bei allen Gewichtungsverteilungen eine höhere Punktzahl als die Variante 1a, da Variante 1 generell gleich oder besser als Variante 1a bewertet wird.
 - Ein Unterschied zwischen Variante 1 und 1a liegt nur bei der Finanzierbarkeit vor.
 - Bei den Gewichtungsverteilungen 1, 3 und 4 liegt die Summe nur einen bzw. einen halben Wertungspunkt auseinander.
 - Bei Gewichtungsverteilung 2 ergibt sich ein deutlicherer Unterschied bei der Gesamtpunktzahl.

Der Vergleich aller Variantenbewertungen zeigt, dass die Varianten mit den lokalen Maßnahmen für Randerath (1 und 1a) bei allen Gewichtsverteilungen besser abschneiden als die Varianten mit den Maßnahmen für die gesamte Wurm (1 und 2).

Fazit Vorzugsvariante

Die Variante 1 (EMP Wurm) ist bei den Hochwasserschutzmaßnahmen für den gesamten Verlauf der Wurm eher die Vorzugsvariante. In drei der vier gewählten Gewichtungsverteilungen erhält sie eine bessere Bewertung.

Die Variante 1 (EMP Wurm) ist bei den Hochwasserschutzmaßnahmen für den Ortsbereich Randerath in allen vier gewählten Gewichtungsverteilungen die Vorzugsvariante.

10 Zusammenfassende Bewertung des Risikobasierten HWSK

Im Pilotprojekt Wurm wurden die entwickelten Verfahrensweisen, die zugehörigen Ergebnisse für verschiedene Varianten sowie die finalen Bewertungen im Hinblick auf das Risikobasierte HWSK detailliert dargestellt. Es wird gezeigt, dass die Anwendung „funktioniert“. Im Rahmen der Pilotprojekte wurden durch unterschiedliche Sensitivitätsanalysen die sinnvollsten Verfahrensweisen und Ergebnisdarstellungen ermittelt („Best Practice“).

Im Rahmen des Verfahrens werden Karten, Daten und Ergebnisse ermittelt, auf deren Basis das Erfordernis von Maßnahmen und deren Wirkung sehr gut beurteilt werden kann. Folgende Ergebnisse werden ermittelt und sind Grundlage für das Risikobasierte HWSK:

- hydrologische Berechnungen zur Ermittlung von Hochwasserwellen unterschiedlicher Jährlichkeiten
- hydraulische 2D-Berechnungen als Basis für die Ermittlung von Gefahrenzonen und Risikobereichen
 - Ausuferungen
 - Wassertiefen
 - Fließgeschwindigkeiten
- Karten
 - für Vulnerabilitätsbereiche
 - für Gefahrenzonen
 - für Risikobereiche
- Schadenspotenziale auf der Grundlage eines modifizierten BEAM-Ansatzes
- Maßnahmenkosten
- Nutzen-Kosten-Analysen
- Bewertungskriterien für Varianten
 - Umsetzbarkeit
 - Wirksamkeit
 - Wirtschaftlichkeit
 - Finanzierbarkeit
 - ökologische Verbesserung
- Gesamtbewertung zur Festlegung einer Vorzugsvariante

Nachfolgend werden die Aspekte dargestellt, die durch die Anwendung des Risikobasierten HWSK im Vergleich zu den herkömmlichen HWSK eine deutliche Verbesserung der Verfahrensweise darstellen:

- Die zusätzlich erforderlichen Grundlagendaten sind in NRW alle frei verfügbar.
- Maßgebliche Verfahrensweisen wurden im Rahmen des Pilotprojektes detailliert untersucht und ein „Best Practice“ für folgende Arbeitsinhalte erarbeitet:
 - Schadenspotenzialberechnung
 - Ermittlung von Maßnahmenkosten
 - Nutzen-Kosten-Analyse
 - Variantenbewertungen
- Durch die Festlegung von Vulnerabilitätsbereichen wird der Fokus bei den Hochwasserschutzmaßnahmen auf geschlossene Siedlungsgebiete bzw. Einzelbebauungen gerichtet.

- Die Karten der Risikobereiche zeigen deutlich, für welche vulnerablen Gebiete Hochwasserschutzmaßnahmen aus der Sicht des Personenschutzes erforderlich sind.
- Die Entwicklung von Hochwasserschutzmaßnahmen ist durch das Risikobasierte HWSK zielgerichteter, d. h. die Maßnahmenkulisse unterscheidet sich von herkömmlichen HWSK.
- Durch das Zulassen von Überflutungen in den Bereichen, in denen der Basisschutz eingehalten ist, können Maßnahmen z. T. entfallen.
- Durch das Zulassen von Überflutungen in den Bereichen, in denen der Basisschutz eingehalten ist, können Maßnahmen z. T. einen geringeren Umfang besitzen bzw. weniger hoch ausfallen.
- Zum Teil wird das Basisschutzziel trotz Überschwemmungen bei HQ100 und HQ300 erreicht, obwohl Überflutungen in den Siedlungsgebieten vorliegen. Dies zeigt, dass das Risikobasierte HWSK somit im Vergleich zu standardmäßigen HWSK, die auf überflutungsfreie Gebiete zielen, durch alternative Schutzziele ggf. kleinere Maßnahmen erfordert. Bei herkömmlichen HWSK war eine Überflutung von bebauten Gebieten für das Schutzziel generell nicht erlaubt.
- Bei herkömmlichen HWSK wird i. d. R. ein Schutzziel im Vorfeld vorgegeben. Das Risikobasierte HWSK ermöglicht es, durch die Darstellung der Risikobereiche für den Istzustand ein bereichsweise erforderliches Schutzziel zu definieren. Diese kann auch ein HQ30 sein, wenn beim HQ100 und HQ300 der Basisschutz bereits besteht.
- Bei herkömmlichen HWSK liegt das Schutzziel i. d. R. bei HQ100. Ein Überlastfall war nicht zwingend zu betrachten. Beim Risikobasierten HWSK wird ergänzend ein höherer Hochwasserabfluss untersucht (HQ300). Daher können die erforderlichen Maßnahmen z. T. umfangreicher oder höher ausfallen. Dies erhöht gleichzeitig die Sicherheit der potenziell betroffenen Personen.
- Die Vorgabe, dass Deiche (auch im Überlastfall) nicht überströmt werden dürfen, kann dazu führen, dass die geplanten Deiche trotz 50 cm Freibord erhöht werden müssen.
- Weiterhin ist im Rahmen eines zukünftig durchzuführenden risikobasierten HWSK zu prüfen, wie mit geringfügigen Überschreitungen des Basisschutzziels in geschlossenen Ortschaften umgegangen wird, wenn z. B. in einer größeren Ortschaft nur kleinste rote Risikoflächen vorliegen. Hier müssten ggf. nicht unbedingt umfangreiche Maßnahmen erforderlich sein, die die gesamte Ortschaft schützen würden. Es ist sinnvoller und wirtschaftlicher hier Objektschutzmaßnahmen zu entwickeln, sodass es z. B. zu einer Maßnahmenkombination aus Linien- und Objektschutz kommt.
- Durch die Berücksichtigung von potenziell betroffenen und geschützten Einwohnern wird die Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen weitergehend sinnvoll ergänzt.
- Durch die Berücksichtigung von potenziell betroffenen und geschützten vulnerablen Objekten wird die Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen weitergehend sinnvoll ergänzt.
- Durch die Berücksichtigung von weiteren „Risiko-Hotspots“ kann die Defizitanalyse und Maßnahmenplanung zielgerichteter durchgeführt werden.
- Durch die Ermittlung eines Nutzen-Kosten-Verhältnisses kann die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme bzw. Maßnahmenkombination bewertet werden. Das NKV ist jedoch nur ein Aspekt zur Beurteilung von sinnvollen Hochwasserschutzmaßnahmen. Daher ist dieser Wert im Einzelfall zu bewerten.
- Die nicht-monetären Faktoren, die sogenannten sozioökonomischen Aspekte werden durch das Risikobasierte HWSK bei der Bewertung der Maßnahmen berücksichtigt.
- Durch standardisierte Bewertungsmatrizen können für die fünf Kategorien Wirksamkeit, Wirtschaftlichkeit, Finanzierbarkeit, Verbesserung der Gewässerökologie und Umsetzbarkeit belastbare Bewertungen der Varianten bzw. Maßnahmen erfolgen.

- Die Gesamtbewertung aus den fünf Kategorien erfolgt ebenfalls durch ein standardisiertes Bewertungsschema, sodass eine Vorzugsvariante benannt werden kann.
- Das Ergebnis der Gesamtbewertung und somit die Beurteilung einer Vorzugsvariante kann abhängig von der angesetzten Gewichtung variieren.

11 Literatur und verwendete digitale Daten sowie EDV-Programmsysteme

- BW Land Baden-Württemberg (Hrsg.) 2019: Arbeitshilfe zur Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Baden-Württemberg. Wiesbaden & München
- DVWK Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (Hrsg.) 1985: Ökonomische Bewertung von Hochwasserschutzwirkungen. (DVWK-Mitteilungen, Heft 10) Bonn
- DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.) 2012: Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). 8. überarbeitete Auflage, Hennef
- DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.) 2016: Merkblatt DWA-M 119. Risikomanagement kommunale Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen. Hennef
- Geomer GmbH & Rodriguez, Zeisler, Blank Ingenieurgesellschaft für Wasserbau und Wasserwirtschaft 2018: Anwendungsanleitung. Bewertung des Hochwasserrisikos auf der Grundlage von Schadenspotenzialen. Anwendung von Schadensfunktionen in repräsentativen Beispielsregionen. Heidelberg & Wiesbaden
- Geomer GmbH 2018: BEAM-DE Basic European Assets Map 2018. Nutzerhandbuch. Heidelberg
- Hochwasserkommission Kommission „Hochwasserschutz in Zeiten des Klimawandels“ (Hrsg.) 2024: Empfehlungen zur Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten in NRW. Ergebnisdokument der Unterarbeitsgruppe „Hochwasserschutzkonzepte“. Stand 29.11.2024. Düsseldorf
- Hofmann, Julian 2025: 20250611_UAG_KG_Hofmann_Impulskräfte_Update_v2.pdf. Zugelassen am 11.06.2025
- Hydrotec 2023 (auch EMP Wurm): Entwurf Masterplan Wurm. Hydraulische Berechnung von Maßnahmen, Schadenspotenzialanalysen und Risikoermittlung. Aachen. Studie im Auftrag des Wasserverbands Eifel-Rur, Düren
- Hydrotec 2025: Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW 2022-2027. GIS-Auswertungen HWSA-Kataster. Aachen. Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- Kutschera, Gesa 2008: Analyse der Unsicherheiten bei der Ermittlung der Schadenspotentiale infolge Überschwemmung. [Dissertation an der Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen] Aachen
- LAWA Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) 2022: Empfehlungen für die Überprüfung der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos und der Risikogebiete nach EG-HWRM-RL. (Handlungsempfehlung. Hochwasserschutz und Hydrologie) München - https://www.wasserblick.net/servlet/is/219256/20220927_Empfehlung-PFRA-Anlage.pdf
- MUNV Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (Hrsg.) 2018: Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement. Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW. Düsseldorf

Verwendete digitale Daten

Basis-DLM (ATKIS) Siedlung Daten

- Name: sie01_f.shp
- Quelle <https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/lm/akt/basis-dlm/>

BEAM Datensatz (2021): Schadenspotenzial auf der Grundlage der bereitgestellten Version des BEAM (Basic European Assets Map) Datensatzes für Deutschland mit Stand 2021. Verfügbar unter <https://www.wasserblick.net/servlet/is/219256/>, abgerufen September 2022

DBD-Baupreise für STLB-Bau, Version 2022-10: Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), Bonn; umgesetzt von Dr. Schiller & Partner GmbH, Dresden

Gebäude Daten (ALKIS)

- Name: ave_GebaeudeBauwerk.shp
- Quelle: NRW ALKIS WFS Dienst (https://www.wfs.nrw.de/geobasis/wfs_nw_alkis_vereinfacht)

Industrieanlagen HWRM („IED-, PRTR- bzw. Störfallanlagen“)

- Name: umweltrelevante_industrieanlagen.shp
- Quelle: WasserBLick

Ortschaften (ALKIS)

- Name: ave_Gemarkung.shp
- Quelle: NRW ALKIS WFS Dienst (https://www.wfs.nrw.de/geobasis/wfs_nw_alkis_vereinfacht)

Planungskosten: gemäß HOAI §44 Honorarzone III Basissatz für die LP 1-9 auf der Grundlage der abgeschätzten Baukosten

STLB-Bau, Version 2022-10: Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), Bonn; umgesetzt von Dr. Schiller & Partner GmbH, Dresden

Zensus 2022 (100x100 m Rasterzellen mit Einwohnerwerten)

- Name: Zensus2022_Bevoelkerungszahl_100m-Gitter_Nordrhein-Westfalen
- Quelle: Destatis (https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Zensus2022/_inhalt.html#1403950)

Verwendete EDV-Programmsysteme

ArcGIS Desktop®, Version 10.8	-	ESRI, Redlands (CA), USA
ArcGIS Pro®, Version 3.0	-	ESRI, Redlands (CA), USA
HydroAS, Version 5.5	-	Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen
HydroAS MapView, Version 1.5	-	Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen
HydroAS MapWork, Version 6.1	-	Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen
QGIS, Version 3.40 LRT	-	QGIS.org, QGIS Geographic Information System, QGIS Association
SMS, Version 13.3	-	AQUAVEO, Provo (Utah), USA