

# Hochwasservorsorge an der Lahn zwischen Cölbe und Einmündung Salzböde einschließlich eines Hochwasserschutzkonzeptes für die Ortschaften Roth und Argenstein

**Auftraggeber:**  
Regierungspräsidium Gießen,  
Dezernat Oberirdische Gewässer und Hochwasserschutz

bearbeitet von:

Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft  
Universität Kassel

Dipl.-Ing. Silke Müller  
Dipl.-Ing. Frank Roland  
Prof. Dr.-Ing. Stephan Theobald

Dezember 2010



**U N I K A S S E L  
V E R S I T Ä T**

**Hochwasservorsorge an der Lahn zwischen Cölbe  
und Einmündung Salzböde einschließlich eines  
Hochwasserschutzkonzeptes für die Ortschaften  
Roth und Argenstein**

Bearbeitet von:  
Dipl.-Ing. Silke Müller  
Dipl.-Ing. Frank Roland  
Prof. Dr.-Ing. Stephan Theobald

**Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft**  
Universität Kassel  
Kurt-Wolters-Straße 3  
34109 Kassel (Briefpost)  
34125 Kassel (Paketpost)  
Tel: +49 (0)561 - 804 2749  
Fax: +49 (0)561 - 804 3952  
Email: [wawi@uni-kassel.de](mailto:wawi@uni-kassel.de)

## INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG	1
2	DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET VON CÖLBE BIS SALZBÖDEN	3
2.1	Allgemeine Beschreibung	3
2.2	Veränderungen im Untersuchungsgebiet	4
3	DATENGRUNDLAGEN UND VORBEREITENDE ARBEITEN	6
3.1	Verwendete Unterlagen	6
3.2	Digitales Geländefmodell	7
3.3	Hydrologische Grundlagen	9
4	MODELLERSTELLUNG 2D-BEREICH	12
4.1	Beschreibung des numerischen Verfahrens	12
4.2	Modellierungsaspekte bezogen auf das Untersuchungsgebiet	12
4.3	Kalibrierung	13
5	ERGEBNISSE ALTER ISTZUSTAND	16
5.1	$HW_{84}$	16
5.2	$HW_{RKH}$	20
6	ERGEBNISSE ZUKÜNTIGER ISTZUSTAND	24
6.1	$HW_{84}$	24
6.2	$HW_{RKH}$	28
6.3	$HW_{\text{generiert}}$	32
6.4	Zusätzliche Hochwasserereignisse	34
7	PLANUNGSVARIANTEN	38
7.1	Allgemeines	38
7.2	Szenario 1 – Weitung Flutmuldenöffnung	38
7.3	Szenario 2 – Weitung Gewässerbett Wehr Argenstein	44
7.4	Szenario 3 – Weitung Gewässerbett Wehre Roth	49
7.5	Szenario 4 – Umgestaltung Deiche nordöstlich Argenstein	53
7.6	Szenario 5 – Schleifung Deiche	58
7.6.1	Szenario 5a – komplette Deichschleifung	58
7.6.2	Szenario 5b – Deichschleifung bis $HQ_{10}$	64
7.7	Szenario 6 – Erhöhung Ortsdeiche	65
7.8	Szenario 7 – Eindeichung südlich Argenstein	71
7.9	Szenario 8 – Polder	75

7.9.1	Allgemeines	75
7.9.2	Polder Marburg	78
7.9.3	Polder Steinmühle	81
7.9.4	Polder Bellnhausen	84
7.9.5	Polder Fronhausen	91
7.9.6	Poldermix	94
7.10	Szenario 9 – Variantenmix	100
7.11	Zusammenfassung der Planungsvarianten	108
8	ZUSAMMENFASSUNG	110

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1-1:	Untersuchungsgebiet.....	2
Abb. 2-1:	Zukünftiger Istzustand (links: Bereich Marburg; rechts: südlich von Marburg).....	5
Abb. 3-1:	Datengrundlage DGM (Cölbe bis Mitte Marburg) .....	7
Abb. 3-2:	Datengrundlage DGM (Mitte Marburg bis Einmündung Salzböde) .....	9
Abb. 3-3:	Abfluss Pegel Marburg HW <sub>84</sub> .....	11
Abb. 3-4:	Abfluss Pegel Marburg HW <sub>generiert</sub> .....	11
Abb. 4-1:	Wasserspiegelfixierungen.....	14
Abb. 4-2:	Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Wasserstand für das HW <sub>84</sub> (Cölbe bis Marburg) .....	15
Abb. 4-3:	Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Wasserstand für das HW <sub>84</sub> (Marburg bis Salzböde) .....	15
Abb. 5-1:	Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HW <sub>84</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; alter Istzustand .....	17
Abb. 5-2:	Vergleich zwischen den sich 1984 eingestellten Hochwasserverhältnissen und den Berechnungsergebnissen im Bereich von Roth .....	18
Abb. 5-3:	Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HW <sub>84</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; alter Istzustand .....	19
Abb. 5-4:	Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HW <sub>RKH</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; alter Istzustand .....	21
Abb. 5-5:	Wasserspiegelvergleich HW <sub>RKH</sub> minus HW <sub>84</sub> (alter Istzustand).....	22
Abb. 5-6:	Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HW <sub>RKH</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; alter Istzustand .....	23
Abb. 6-1:	Zukünftiger Istzustand (links: Marburg; rechts: südlich von Marburg).....	24
Abb. 6-2:	Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW <sub>84</sub> ); Längsschnitt Gewässerlauf Lahn (Cölbe bis Marburg).....	25
Abb. 6-3:	Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW <sub>84</sub> ); Bereich Marburg.....	26
Abb. 6-4:	Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW <sub>84</sub> ); Längsschnitt Gewässerlauf Lahn (Marburg bis Salzböde) .....	27
Abb. 6-5:	Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW <sub>84</sub> ) ; Fläche um Argenstein und Roth .....	27
Abb. 6-6:	Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW <sub>RKH</sub> ) Gewässerlauf Lahn (Cölbe bis Marburg) .....	29
Abb. 6-7:	Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW <sub>RKH</sub> ) Bereich Marburg.....	29
Abb. 6-8:	Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW <sub>RKH</sub> ) Längsschnitt Gewässerlauf Lahn (Marburg bis Salzböde) .....	30
Abb. 6-9:	Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW <sub>RKH</sub> ) Fläche um Argenstein und Roth .....	30
Abb. 6-10:	Wasserspiegelvergleich HW <sub>RKH</sub> minus HW <sub>84</sub> (zuk. Istzustand).....	31
Abb. 6-11:	Überschwemmungsfläche (blau umrandet) und Wassertiefen für das HW <sub>generiert</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; zukünftiger Istzustand .....	33
Abb. 6-12:	Wasserspiegel längsschnitt der verschiedenen Hochwasserereignisse zwischen Cölbe und Marburg .....	34
Abb. 6-13:	Wasserspiegel längsschnitt der verschiedenen Hochwasserereignisse zwischen Marburg und Einmündung der Salzböde.....	35
Abb. 6-14:	Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ <sub>10</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; zukünftiger Istzustand .....	36

Abb. 6-15: Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ <sub>10</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; zukünftiger Istzustand.....	37
Abb. 7-1: Luftbild Ende Flutmulde Roth (Luftbild: HVBG, 2008).....	39
Abb. 7-2: Links: Berechnungsnetz Ende Flutmulde Roth für den zukünftigen Istzustand und rechts: Berechnungsnetz Ende Flutmulde Roth für das Szenario 1 (3-fach überhöht).....	39
Abb. 7-3: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 1 .....	40
Abb. 7-4: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>RKH</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 1 .....	41
Abb. 7-5: Längsschnitt der Differenzen der Wasserspiegel in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 1 .....	41
Abb. 7-6: Übersicht der Deiche von Argenstein bis Roth.....	42
Abb. 7-7: Wasserspiegellängsprofil am Deich westlich der Flutmulde Roth (Veränderungen durch Szenario 1) .....	42
Abb. 7-8: Wasserspiegellängsprofil am Deich westlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 1).....	43
Abb. 7-9: Wasserspiegellängsprofil am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 1).....	43
Abb. 7-10: Luftbild Wehr Argenstein (Luftbild: HVBG 2008) .....	44
Abb. 7-11: Links: Wehr Argenstein – zukünftiger Istzustand und rechts: Wehr Argenstein – Szenario 2 (überhöhte Darstellung).....	45
Abb. 7-12: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 2 .....	46
Abb. 7-13: Wasserspiegellängsschnitt am Deich Allna (Veränderungen durch Szenario 2) .....	46
Abb. 7-14: Wasserspiegellängsschnitt am Deich Argenstein (Veränderungen durch Szenario 2).....	47
Abb. 7-15: Wasserspiegellängsschnitt am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 2).....	47
Abb. 7-16: Wasserspiegellängsschnitt am Deich westlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 2).....	48
Abb. 7-17: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 2 .....	48
Abb. 7-18: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>RKH</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 2 .....	49
Abb. 7-19: Luftbild vom Wehr in Roth (Luftbild: HVBG 2008) .....	50
Abb. 7-20: Links: Wehr Roth – zukünftiger Istzustand und rechts: Wehr Roth – Szenario 3 (überhöhte Darstellung) .....	50
Abb. 7-21: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 3 .....	51
Abb. 7-22: Wasserspiegellängsschnitt am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 3).....	51
Abb. 7-23: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 3 .....	52
Abb. 7-24: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>RKH</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 3 .....	52
Abb. 7-25: Bereich westlich von Argenstein – Szenario 4 .....	53
Abb. 7-26: Überflutungsflächen für das HW <sub>84</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 4) .....	54
Abb. 7-27: Überflutungsflächen für das HW <sub>RKH</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 4) .....	55
Abb. 7-28: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 4 .....	55

Abb. 7-29: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>RKH</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 4 .....	56
Abb. 7-30: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 4 .....	57
Abb. 7-31: Abflussganglinie (unteres Ende Untersuchungsgebiet) vergrößerter Ausschnitt des Wellenscheitels .....	57
Abb. 7-32: Wasserspiegellängsschnitt und Geländehöhen entlang des neuen Deiches westlich von Argenstein für Szenario 4.....	58
Abb. 7-33: Deichschleifung.....	59
Abb. 7-34: Überflutungsflächen für das HW <sub>84</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 5) .....	60
Abb. 7-35: Überflutungsflächen für das HW <sub>RKH</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 5).....	60
Abb. 7-36: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 5 .....	61
Abb. 7-37: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>RKH</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 5 .....	62
Abb. 7-38: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 5 .....	62
Abb. 7-39: Wasserspiegellängsschnitt am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 5).....	63
Abb. 7-40: Wasserspiegellängsschnitt am Deich westlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 5).....	63
Abb. 7-41: Abflussganglinie (Höhe Salzbödemündung) .....	64
Abb. 7-42: Abflussganglinie (Lahn im Bereich der Salzbödemündung) vergrößerter Ausschnitt des Wellenscheitels .....	65
Abb. 7-43: Deicherhöhungen im Szenario 6 .....	66
Abb. 7-44: Überflutungsflächen für das HW <sub>RKH</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 6) .....	67
Abb. 7-45: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>RKH</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 6 .....	67
Abb. 7-46: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 6 .....	68
Abb. 7-47: Wasserspiegellängsschnitt am Deich Allna (Veränderungen durch Szenario 6) .....	69
Abb. 7-48: Wasserspiegellängsschnitt am Deich Argenstein (Veränderungen durch Szenario 6).....	69
Abb. 7-49: Wasserspiegellängsschnitt am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 6).....	70
Abb. 7-50: Wasserspiegellängsschnitt am Deich westlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 6).....	70
Abb. 7-51: zusätzlich eingedeichte Fläche südlich Argenstein (Luftbild: HVBG 2008).....	71
Abb. 7-52: Fläche südlich von Argenstein – links: zukünftiger Istzustand und rechts: Szenario 8 (überhöhte Darstellung).....	72
Abb. 7-53: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 7 .....	73
Abb. 7-54: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 7 .....	73
Abb. 7-55: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>RKH</sub> : zuk. Istzustand minus Szenario 7 .....	74
Abb. 7-56: Wasserspiegellängsprofile am Deich Allna (Veränderungen durch Szenario 7).....	74
Abb. 7-57: Wasserspiegellängsprofil am Deich Argenstein (Veränderungen durch Szenario 7).....	75
Abb. 7-58: Potentielle Polderflächen .....	77
Abb. 7-59: Polder Marburg (rote Linie) (Luftbild: HVBG 2008) .....	78

Abb. 7-60: Scheitelreduzierung direkt am Polder Marburg für HW <sub>84</sub> .....	79
Abb. 7-61: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>84</sub> – Polder Marburg .....	80
Abb. 7-62: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Polder Marburg.....	80
Abb. 7-63: Polder Steinmühle (rote Linie) (Luftbild: HVBG 2008).....	81
Abb. 7-64: Scheitelreduzierung direkt am Polder Steinmühle für HW <sub>84</sub> .....	82
Abb. 7-65: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>84</sub> – Polder Steinmühle.....	82
Abb. 7-66: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das Hochwasser 1984: zuk. Istzustand minus Polder Steinmühle.....	83
Abb. 7-67: Polder Bellnhausen (rote Linie) (Luftbild: HVBG 2008).....	84
Abb. 7-68: Scheitelreduzierung direkt am Polder Bellnhausen (ungesteuert) für HW <sub>84</sub> .....	85
Abb. 7-69: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>84</sub> – Polder Bellnhausen ungesteuert.....	86
Abb. 7-70: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Polder Bellnhausen ungesteuert.....	87
Abb. 7-71: Scheitelreduzierung direkt am Polder Bellnhausen (gesteuert) für HW <sub>84</sub> .....	87
Abb. 7-72: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>84</sub> – Polder Bellnhausen gesteuert.....	88
Abb. 7-73: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Polder Bellnhausen gesteuert .....	88
Abb. 7-74: Scheitelreduzierung direkt am Polder Bellnhausen (gesteuert) für HW <sub>generiert</sub> .....	89
Abb. 7-75: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>generiert</sub> – Polder Bellnhausen gesteuert.....	90
Abb. 7-76: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>generiert</sub> : zuk. Istzustand minus Polder Bellnhausen gesteuert .....	90
Abb. 7-77: Polder Fronhausen (rote Linie) (Luftbild: HVBG 2008).....	91
Abb. 7-78: Scheitelreduzierung direkt am Polder Fronhausen für HW <sub>84</sub> .....	92
Abb. 7-79: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>84</sub> – Polder Fronhausen .....	93
Abb. 7-80: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>84</sub> – Poldermix (Bellnhausen ungesteuert).....	96
Abb. 7-81: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>84</sub> – Poldermix (Bellnhausen gesteuert).....	96
Abb. 7-82: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>generiert</sub> – Poldermix (Bellnhausen ungesteuert) .....	97
Abb. 7-83: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>generiert</sub> – Poldermix (Bellnhausen gesteuert).....	97
Abb. 7-84: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Poldermix (Bellnhausen ungesteuert) .....	98
Abb. 7-85: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Poldermix (Bellnhausen gesteuert) .....	98
Abb. 7-86: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>generiert</sub> : zuk. Istzustand minus Poldermix (Bellnhausen ungesteuert) .....	99
Abb. 7-87: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>generiert</sub> : zuk. Istzustand minus Poldermix (Bellnhausen gesteuert) .....	99
Abb. 7-88: Maßnahmen des Szenario 9 (Variantenmix) .....	101
Abb. 7-89: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>84</sub> – Variantenmix .....	103

Abb. 7-90:	Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW <sub>generiert</sub> – Variantenmix.....	103
Abb. 7-91:	Überflutungsflächen für das HW <sub>84</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 9) .....	104
Abb. 7-92:	Überflutungsflächen für das HW <sub>generiert</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 9).....	104
Abb. 7-93:	Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>84</sub> : zuk. Istzustand minus Variantenmix (Szenario 9).....	105
Abb. 7-94:	Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW <sub>generiert</sub> : zuk. Istzustand minus Variantenmix (Szenario 9) .....	105
Abb. 7-95:	Überschwemmungsfläche (blau umrandet) und Wassertiefen für das HW <sub>84</sub> im Bereich Marburg – Salzböde; Variantenmix .....	106
Abb. 7-96:	Überschwemmungsfläche (blau umrandet) und Wassertiefen für das HW <sub>generiert</sub> im Bereich Marburg – Salzböde; Variantenmix .....	107

## TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3-1:	Übersicht der verwendeten Unterlagen .....	6
Tab. 3-2:	Statistische Abflusswerte bezogen auf den Pegel Marburg (Quelle: HLUG) .....	10
Tab. 6-1:	Überschwemmungsflächen der jeweiligen Hochwassereignisse .....	35
Tab. 7-1:	Übersicht Planungsszenarien .....	38
Tab. 7-2:	Übersicht Scheitelreduzierungen der jeweils separaten modellierten Polder (HW <sub>84</sub> ) ....	94
Tab. 7-3:	Scheitelreduzierungen Poldermix .....	95
Tab. 7-4:	Scheitelreduzierungen Variantenmix .....	102
Tab. 7-5:	Zusammenfassung der Planungsvarianten .....	108

## 1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

Im Zuge des INTERREG IIC - Projektes „Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn“ wurden vom Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Kassel die Retentionspotenziale der Lahn und ihrer Aue analysiert und darauf aufbauend Vorschläge für mögliche Hochwasserschutzmaßnahmen erarbeitet (vgl. Kasseler Wasserbau-Forschungsberichte und Materialien Band 17/2002). Zahlreiche der aus diesen konzeptionellen Untersuchungen abgeleiteten „Bausteine zum Hochwasserschutz“ wurden mittlerweile realisiert und das Land Hessen strebt die Umsetzung weiterer der seinerzeit an der Lahn vorgeschlagenen Maßnahmen an. Hierbei handelt es sich u. a. um die Aktivierung von Retentionsflächen zwischen der Ortslage Cölbe nördlich von Marburg und der Einmündung der Salzböde in die Lahn sowie um lokale technische Hochwasserschutzmaßnahmen im Bereich der Weimarer Ortsteile Roth und Argenstein.

In Vorbereitung der diesbezüglich erforderlichen Planungen hat das Regierungspräsidium Gießen, Abteilung Umwelt, das Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Kassel beauftragt, weitergehende wissenschaftliche modellgestützte Untersuchungen durchzuführen. Diese lassen sich im Wesentlichen in drei Bereiche unterteilen:

1. Untersuchung zur Aktivierung von Retentionsflächen zwischen der Ortschaft Cölbe und der Einmündung der Salzböde in die Lahn.
2. Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes für die Ortschaften Roth und Argenstein (lokaler Hochwasserschutz).
3. Abschätzung der großräumigen Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahmen zwischen Cölbe und der Einmündung der Salzböde auf den Wellenablauf der Lahn bis zum Pegel Leun.

Die Bearbeitung der drei genannten Aufgabenstellungen erfolgte mit unterschiedlichen Methoden.

Für die Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes für die Ortschaften Roth und Argenstein sowie die Untersuchung zur Aktivierung von Retentionsflächen zwischen der Ortschaft Cölbe und der Einmündung der Salzböde in die Lahn wurde ein zweidimensionales hydrodynamisch-numerisches Verfahren zur Strömungssimulation eingesetzt. Das Modellgebiet erstreckt sich von Cölbe (Lahn-km 186,4) bis zur Einmündung der Salzböde (Lahn-km 158,2). Die damit verbundenen Arbeitsschritte und Ergebnisse sind in diesem Bericht beschrieben.

Die Abschätzung der großräumigen Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahmen zwischen Cölbe und der Einmündung der Salzböde auf den Wellenablauf der Lahn bis zum Pegel Leun wurde mit einem eindimensionalen HN-Verfahren durchgeführt. Dieses Modellgebiet erstreckt sich von der Einmündung der Salzböde in die Lahn (Lahn-km 158,2) bis zum Pegel Leun (Lahn-km 112,1). Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass die Wasserstands-Abflussbeziehungen an Pegeln zu überprüfen sind. Diese Ergebnisse zum Einfluss der Hochwasserschutzmaßnahmen auf den Wellenablauf der Lahn werden in einem gesonderten Bericht dargestellt.

Abb. 1-1 gibt einen Überblick über das gesamte Projektgebiet.

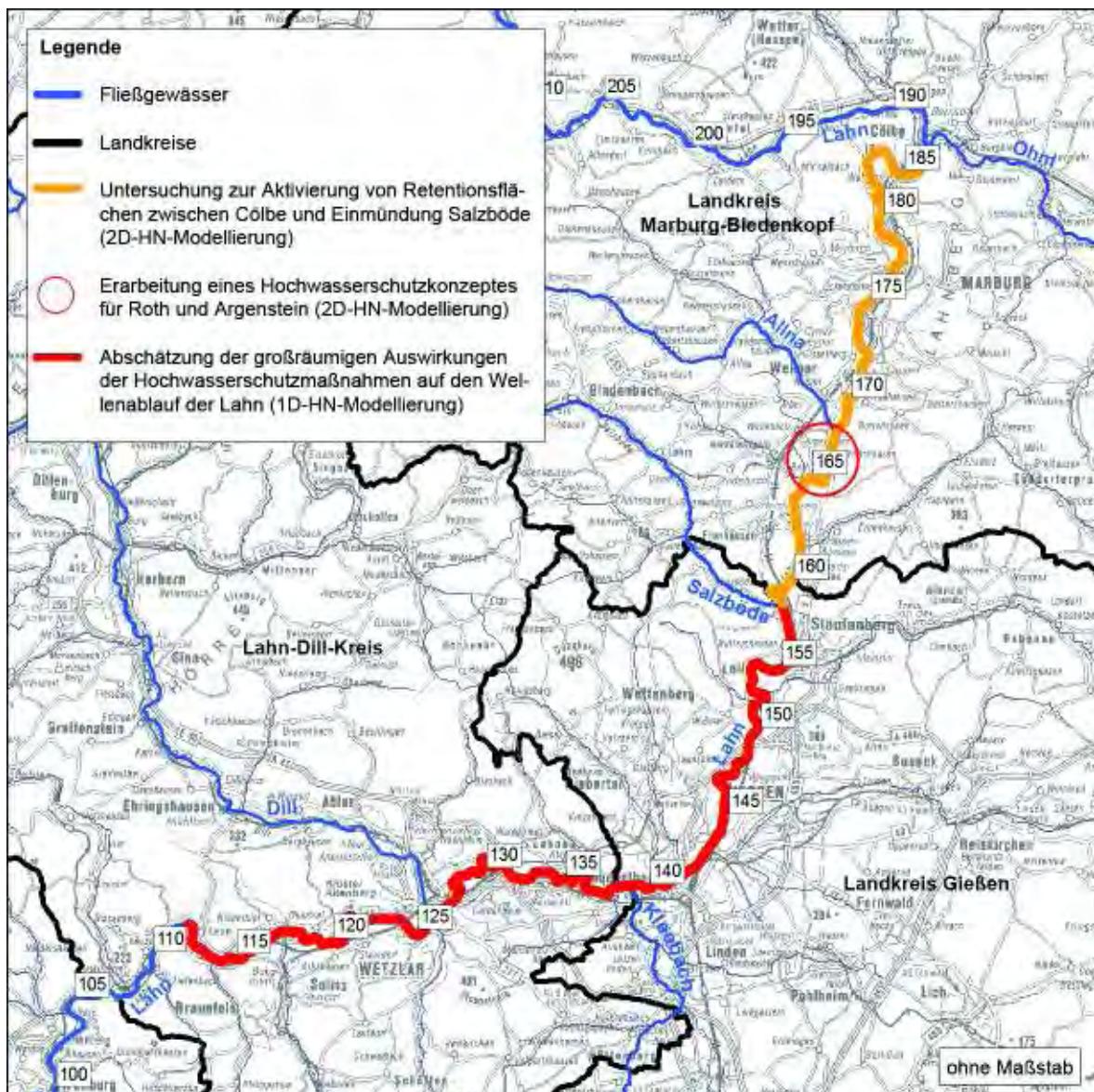


Abb. 1-1: Untersuchungsgebiet

## 2 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET VON CÖLBE BIS SALZBÖDEN

### 2.1 Allgemeine Beschreibung

Das Untersuchungsgebiet zur Aktivierung von Retentionsflächen erstreckt sich entlang der mittelhessischen Lahn von der Ortschaft Cölbe bis zur Einmündung der Salzböde. In diesem knapp 30 km langen Abschnitt ist die Hauptströmungsrichtung der Lahn von Norden nach Süden.

Das Vorland entlang der genannten Strecke ist zu großen Teilen von landwirtschaftlicher Nutzung (Acker- und Weideland) geprägt. Die Teilstrecke von Lahn-km 174,6 bis Lahn-km 179,2, die im Stadtgebiet von Marburg liegt, bildet dabei eine Ausnahme. Bedingt durch das städtische Umfeld fällt das nicht bebaute Vorland in diesem Abschnitt sehr schmal aus bzw. grenzt die Bebauung teilweise direkt ans Gewässer. Südlich der Stadt Marburg sind weite Teile der Lahnaue durch Eindeichung vom Flusslauf abgetrennt, um die dahinter liegenden landwirtschaftlichen Flächen vor Überflutungen zu schützen.

Der Untersuchungsabschnitt, der unterstrom der Mündung der Ohm in die Lahn beginnt und mit der Einmündung der Salzböde endet, beinhaltet u. a. folgende weitere Zuflüsse: die Allna, den Wenkbach und die Zweester Ohm.

Wesentliche bauliche Strukturen sind neben den genannten Hochwasserschutzdeichen der Bahndamm der Main-Weser-Bahn und die Bundesstraße B 3. Der Bahndamm liegt im Bereich der Ortschaft Cölbe in Fließrichtung gesehen im rechten Vorland der Lahn, kreuzt südlich von Cölbe das Gewässer und befindet sich bis zur Ortschaft Cappel im linken Vorland, bevor er nach einer weiteren Querung über den Flusslauf wieder im rechten Vorland vorzufinden ist. Kurz vor der Einmündung der Salzböde in die Lahn gibt es einen erneuten Kreuzungsbereich und der Bahndamm liegt abermals im linken Vorland. Die B 3, die im gesamten Abschnitt des Untersuchungsgebietes vierspurig ist bzw. zeitnah auf vier Spuren ausgebaut sein wird (siehe Kapitel 2.2), befindet sich mit Ausnahme der Strecke zwischen der Ortschaft Cappel und dem Ort Argenstein linksseitig der Lahn. Beide hier beschriebenen Verkehrslinien stellen durch ihre Dammstruktur potentielle Grenzen des Überflutungsgebietes dar bzw. können in den Querungsbereichen mit der Lahn auch Rückstaueffekte hervorrufen.

Nordwestlich von Argenstein wird bis zum angrenzenden Bahndamm der Main-Weser-Bahn großflächig Kiesabbau betrieben. Der Abbau soll dabei von Nordosten nach Südwesten vorangetrieben werden. Der nördlich der Allna liegende Bereich ist bereits ausgekieselt und z. T. schon in Form von Seenlandschaften rekultiviert. Weitere Rekultivierungsmaßnahmen sollen folgen (siehe Kapitel 2.2). Das aktuelle Auskiesungsgebiet erstreckt sich von der Allna im Norden bis zur westlich von Argenstein gelegenen Kreisstraße K 62 im Süden. Weiterhin ist bereits das südlich der K 62 liegende Gebiet bis hin zur K 59 für den zukünftigen Kiesabbau ausgewiesen.

Neben diversen Brückenbauwerken, die die Lahn zwischen Cölbe und der Einmündung der Salzböde kreuzen, befinden sich in diesem Abschnitt des Projektgebietes auch acht Wehranlagen. Davon liegt eine im nördlichen Bereich der Ortslage Wehrda und zwei weitere folgen weiter südlich im Stadtgebiet von Marburg. Südwestlich der Ortschaft Cappel ist die Steinmühle mit ihrer Wehranlage vorzufinden. Eine weitere Anlage stellt das Wehr an der Nehmühle südwestlich des Ortes Ronhausen dar. Schließlich existieren noch ein Wehr bei Argenstein sowie zwei weitere Wehre bei Roth.

## 2.2 Veränderungen im Untersuchungsgebiet

In dem beschriebenen Untersuchungsgebiet für die 2D-HN-Modellierung wurden seit dem HW-Ereignis von 1984 unterschiedliche Umgestaltungsmaßnahmen durchgeführt bzw. sind weitere Maßnahmen geplant. Dieser Sachverhalt führt zu zwei Modellgeometrien des Istzustandes, die in den hydrodynamisch-numerischen Modellen abgebildet und analysiert werden.

Der „alte Istzustand“ bildet dabei für den Abschnitt zwischen Marburg und der Einmündung der Salzböde die Geometrie ab, die zu Beginn der Projektbearbeitung (2008) vorlag. Für den Bereich zwischen der Ortslage Cölbe und der Stadt Marburg wird im „alten Istzustand“ die Geometrie zu Beginn des Jahres 2001, als die Deichrückverlegung des (in Fließrichtung gesehen) linksseitigen Deiches entlang der Lahnschleife bei Wehrda noch nicht vollzogen war, abgebildet. Der genannte Deich hat wesentlichen Einfluss auf die Hochwassersituation im Jahre 1984, welche zur Kalibrierung des HN-Modells herangezogen wird. Weitere wesentliche bauliche Veränderungen zwischen dem Jahr 1984 und dem Beginn der Projektbearbeitung, die einen relevanten Einfluss auf das Strömungsverhalten des damaligen Ereignisses haben könnten, sind nicht bekannt.

In dem „zukünftigen Istzustand“ ist die genannte Deichrückverlegung bei Wehrda mit abgebildet. Zudem werden hier alle für die Hochwassersituation wesentlichen, gerade im Bau befindlichen bzw. sicher zur Ausführung kommenden Maßnahmen integriert. Hierzu zählen die Umgestaltungsmaßnahmen im Bereich der Mensa der Universität Marburg, die geplante Deichrückverlegung südlich der Cölber Straße im linksseitigen Vorland auf Höhe der Ortslage Wehrda, der Zielzustand bzgl. des Lückenschlusses der B 3 zwischen Gisselberg und Roth, die Erstellung eines Gewässers parallel zur Lahn zwischen Argenstein und der Kläranlage Roth (ParAllna), die planfestgestellten Rekultivierungsmaßnahmen der Kiesabbaufächen südlich von Niederweimar und die damit einhergehende Verlegung der Allna. Somit gibt der „zukünftige Istzustand“, der grafisch in Abb. 2-1 dargestellt ist, die sich zeitnah einstellende Situation wieder.

Südlich der Cölber Straße soll der linksseitig der Lahn und östlich der Ortslage Wehrda gelegene Deich um ca. 150 m bis 200 m zurückverlegt werden. Die südliche Teilstrecke des Deiches wird dabei durch den Straßendamm der B 3 ersetzt. Durch diese Maßnahme werden die hinter dem Deich gelegenen landwirtschaftlichen Flächen als Retentionsraum freigegeben.

Die Umgestaltungsmaßnahmen an der Mensa in Marburg beinhalten eine Sanierung des dort vorhandenen Deiches sowie eine treppenartige Ausgestaltung zwischen dem Damm und dem Gewässerbett der Lahn.

Der Lückenschluss der B 3 sieht den vierspurigen Ausbau der Bundesstraße zwischen Gisselberg und Roth vor. Dabei wird die Lage des Straßendamms zum Teil verändert. Zudem wird der Zubringerbereich von Niederweimar zur B 3 neu gestaltet. Zu den Baumaßnahmen an der B 3 gehört weiterhin die Rückverlegung des rechtsseitigen Hochwasserschutzdeiches zwischen dem Seepark Niederweimar und dem nördlich von Argenstein gelegenen Gasthaus „Ochsenburg“. Außerdem wird ein neuer Rückstaudeich im rechten Vorland zwischen der neuen B 3 und dem Gewässerlauf der Lahn erstellt. Im Bereich der neuen B 3-Querung über die Lahn soll zusätzlich eine Flutmulde entstehen.

Die ParAllna ist ein Gewässer, das ausgehend von der Allna auf der lahnabgewandten Seite der Ortschaften Argenstein und Roth entstehen soll. Bis zur Mündung in die Lahn auf Höhe der Kläranlage Roth wird sie parallel zur selbigen fließen. Das Zuleitungsbauwerk von der Allna in die ParAllna durchstößt mittels einer Verrohrung den bereits vor-

handenen Hochwasserschutzdeich (Beibehaltung der Höhen), der parallel zur Allna verläuft. Für die Zuflussregulierung soll ein Schieber im Zulaufbauwerk integriert werden.

Im Zuge der Rekultivierungsmaßnahmen der bereits ausgekieschten Fläche zwischen den Ortslagen Niederweimar und Argenstein soll nach bisheriger Planung das Gewässerbett der Allna nach Nordosten verlegt und deutlich aufgeweitet werden. Die auf diese Weise entstehende sogenannte Regenerationsniederung der Allna stellt die tiefste von drei Ebenen dar, die durch die Rekultivierung entstehen sollen. Daran schließt sich das zwischen dem alten und dem neuen Gewässerbett entstehende Feuchtgrünland an. Die ackerbaufähige Fläche, die parallel zum alten Verlauf der B3 entstehen soll, ist die höchstgelegene dieser drei Ebenen.

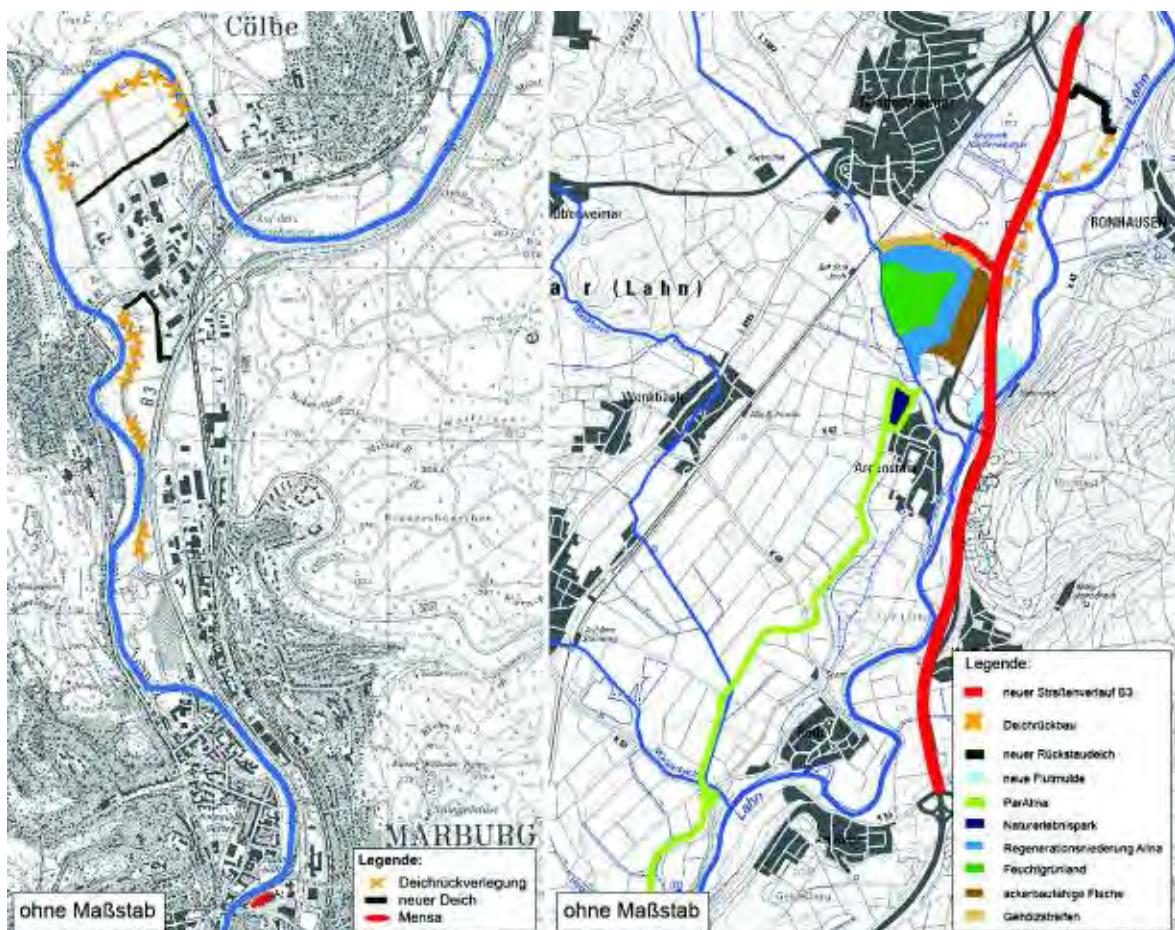


Abb. 2-1: Zukünftiger Istzustand (links: Bereich Marburg; rechts: südlich von Marburg)

### 3 DATENGRUNDLAGEN UND VORBEREITENDE ARBEITEN

#### 3.1 Verwendete Unterlagen

Eine Übersicht über die verwendeten Unterlagen gibt die Tab. 3-1 wieder.

Tab. 3-1: Übersicht der verwendeten Unterlagen

Unterlage	Datenbezug von
<b>Kartengrundlagen</b>	
TK 200, TK 100, TK 50, TK 25	HVBG (Lieferung 2008)
Entzerrte Luftbilder (Orthofotos)	RP Gießen (Lieferung 2008)
<b>Höheninformationen</b>	
RKH Querprofilspuren der Lahn	HLUG (Lieferung 2008)
RKH Querprofilspuren der Nebengewässer	HLUG (Lieferung 2008)
DGM 5 (Punktdaten 10x10m Raster)	HVBG (Lieferung 2008)
Digitale Daten Laserscanbefliegung 2005 (DGM2)	HVBG (Lieferung 2008)
Kanaldaten Gemeinde Weimar	Gemeinde Weimar (Lieferung 2009)
Kanaldaten Gemeinde Fronhausen	ZMW (Lieferung 2009)
Kanaldaten Stadt Marburg	Stadtwerke Marburg GmbH (Lieferung 2009)
Genehmigungsplanung Lahnaltarm Cappel – Anbindung Nord	Ingenieurbüro icon (Erstellung März 2003)
Entwurfsplanung zur Erstellung der ParAllna	ASV Marburg (Erstellung Dezember 2007)
Vorplanung zur Vorabmaßnahme zur Sicherung des Hochwasserschutzdeiches Roth Teilabschnitt Mühle – Lahnbrücke	Gemeinde Weimar (Erstellung Oktober 2007)
Untersuchungen zu den Polderdeichen rechtsseitig der Lahn Ortslage Argenstein – Ortslage Sichertshausen vom Ingenieurbüro Hartung und Partner	RP Gießen (Erstellung 2005)
Ausführungsplanung zu den Umgestaltungsmaßnahmen im Bereich der Mensa der Universität Marburg	Stadt Marburg (Erstellung Mai 2009)
Konzept zur Deichrückverlegung südlich der Cölber Straße im linksseitigen Vorland auf Höhe der Ortslage Wehrda	Stadt Marburg (Erstellung Februar 2008)
Planfeststellungsentwurf für den Zielzustand bzgl. des Lückenschlusses der B 3 zwischen Gisselberg und Roth	ASV Marburg (Erstellung Oktober 2004)
Bauentwurf für den Wirtschaftsweg zwischen Gisselberg und Argenstein (Lückenschluss B3)	ASV Marburg (Erstellung Oktober 2007)
Planfeststellung für die neue Flutmulde und den neuen Rückstaudeich (Lückenschluss B3)	ASV Marburg (Erstellung April 2003)
Landschaftspflegerischer Begleitplan der Kiesabbauflächen südlich von Niederweimar und die damit einhergehende Verlegung der Allna	CEMEX Kies und Splitt GmbH (Erstellung Oktober 2000)
<b>Hydrologische Daten</b>	
Abflussdaten RKH der Lahn	HLUG (Lieferung 2008)
amtliche hydrologische Längsschnitte der Lahn	HLUG (Stand 2002)
vorläufige Hochwasserregionalisierung der Lahn	HLUG (Stand 2009)
Aufzeichnungen der Abflusswelle des Hochwasserereignisses vom Februar 1984	Interreg IIC-Projekt "Vorbeugender Hochwasserschutz im A <sub>E0</sub> der Lahn"
<b>Sonstige Daten</b>	
Berechnungsdateien RKH-Projekt (WSP-Ergebnisse und Überschwemmungspolygone)	HLUG (Lieferung 2008)
Fotos abgelaufener HW-Ereignisse	Gemeinde Weimar (Lieferung 2009)
Fotos aufgrund Ortsbegehungen	FG Wasserbau und Wasserwirtschaft
Wasserspiegelfixierungen des Hochwasserereignisses vom Februar 1984	Interreg IIC-Projekt "Vorbeugender Hochwasserschutz im A <sub>E0</sub> der Lahn"

### 3.2 Digitales Geländemodell

Für die Erstellung des digitalen Geländemodells (DGM), welches die geometrische Grundlage der Berechnungen darstellt und für die weitergehende Analyse von Hochwassersituationen (z. B. für die Ermittlung von Wassertiefen und Überflutungsflächen) unabdingbar ist, sind im Flusschlauchbereich die vor Ort aufgemessenen Höhendaten des Projektes Retentionskataster Hessen (RKH) herangezogen worden. Diese liegen im Gewässerlauf in Form von Querprofilen mit einem Abstand von ca. 300 m vor. Trotz der Vergrößerung der Zwischenräume im Bereich von Querbauwerken (Brücken, Wehre) ist der Abstand der Profile zu groß, um ohne eine weitere Aufarbeitung der Daten den Flusschlauch durchgängig darstellen zu können. Daher war es notwendig, die Höhendaten hier mittels linearer Interpolation zu verdichten.

Das DGM für den „alten Istzustand“ ist im Vorlandbereich zwischen Cölbe und der Salzbödemündung in zwei Bereiche zu unterteilen. Der nördliche Abschnitt erstreckt sich dabei von Cölbe bis zum Lahn-km 177, der sich im Stadtgebiet von Marburg befindet. Hier stellen die Querprofile des RKH-Projektes auch für die Darstellung des Vorlandes eine wichtige Grundlage dar. Diese Profile sind im Vorlandbereich aufgrund einer Luftbildauswertung entstanden und besitzen einen mittleren Abstand von ca. 50 m sowie nach Informationen vom HLUG eine Höhengenauigkeit von ca. 10-15 cm. Im Stadtgebiet von Marburg werden die RKH-Daten zusätzlich durch Kanaldeckelhöhen ergänzt. Basierend auf diesen Kanaldata und den RKH-Profilen ist im Bereich von Bruchkanten eine lineare Höheninterpolation durchgeführt worden, um die entsprechenden Geländestrukturen im Modell durchgängig abbilden zu können. Durch Ortsbegehungen ist die Lage dieser Strukturen (z. B. Hochwasserschutzmauern) und damit der Verlauf der linearen Interpolation verifiziert worden. Zudem wurden in wenigen Bereichen die außerhalb der Querprofile angrenzenden Daten des DGM 5, das in einem 10 x 10 Meter-Raster vorliegt und eine Höhengenauigkeit von < 1m besitzt, ergänzt. In Abb. 3-1 wird in einem Ausschnitt die Zusammensetzung der Höhendaten für das DGM zwischen Cölbe und Marburg (Lahn-km 177) exemplarisch dargestellt.

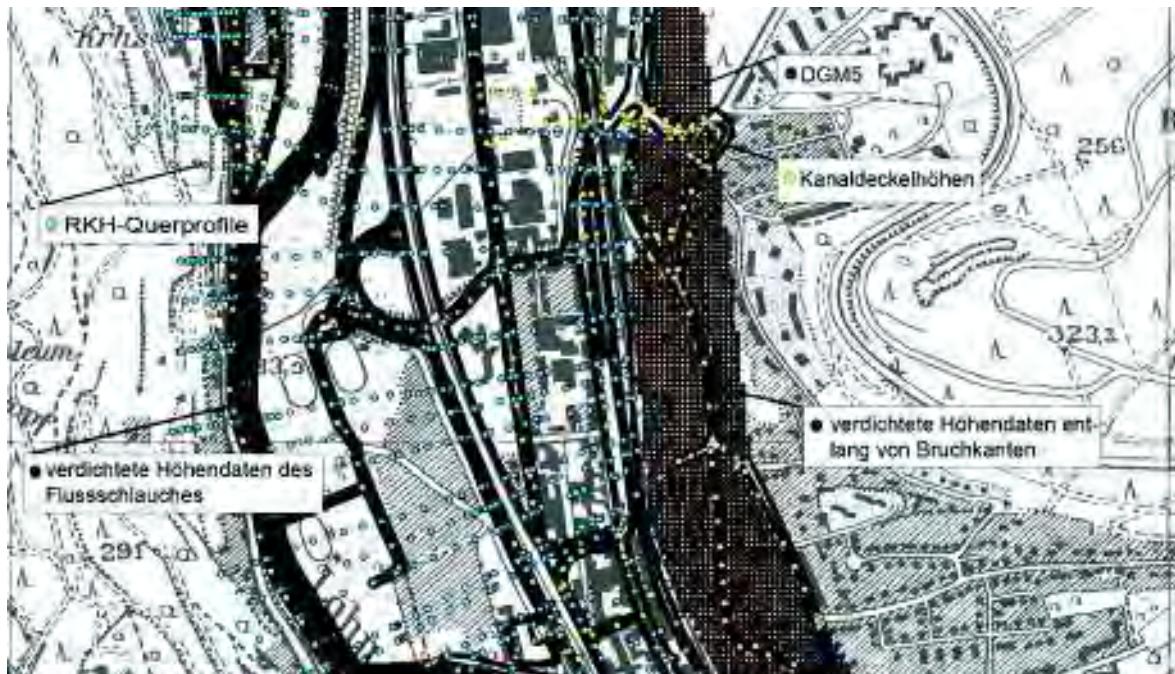


Abb. 3-1: Datengrundlage DGM (Cölbe bis Mitte Marburg)

Im Bereich von Marburg (Lahn-km 177) bis zur Einmündung der Salzböde in die Lahn stehen Laserscandaten einer Befliegung aus dem Jahr 2005 zur Verfügung. Diese wurden in einem 1 x 1 Meter-Raster aufgenommen und besitzen eine Höhengenauigkeit von 15 bis 40 cm (Quelle: HVBG). Aufgrund der flächendeckenden Informationen dieser Daten dienen die Laserscanaufnahmen als Grundlage für das Vorland-DGM in diesem Abschnitt. Um jedoch eine zu große Datenfülle, die nicht mehr handhabbar ist, zu vermeiden, wurden im Vorfeld vom Hessischen Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) die Daten ausgedünnt. Die Ausdünnung bezieht sich dabei auf Bereiche, in denen keine bzw. kaum Höhenunterschiede vorliegen. Korrekturen der Laserscandaten, z. B. im Bereich von Unterführungen oder Hochwasserschutzmauern sind auf der Basis von Ortsbegehungen, den darauf aufbauenden Abschätzungen und den angrenzenden Höhendaten des Laserscans durchgeführt worden.

Im Bereich von Hochwasserschutzdeichen gibt der Laserscan z. T. unterschiedliche Höhen der Deichoberkanten und Deichlängen wieder. Diese differieren zumeist im unteren Zentimeterbereich, teilweise jedoch auch bis in den Dezimeterbereich. Eine mögliche Ursache ist, dass durch die Rasterung im Abstand von 1 x 1 Meter nicht immer zwingend die höchsten Geländepunkte im Bereich der Deichkronen gescannt wurden. Um die Differenzen bzgl. der Deichoberkanten, die in der Realität in der Regel nicht vorhanden sind, zu beseitigen, wurden die höchsten Laserscanpunkte im Bereich der Deiche durch eine lineare Interpolation miteinander verbunden. Diese interpolierten Punkte bilden auf diese Weise im DGM die Deichoberkante ab. Eine Ausnahme stellen die Deiche um den Ortskern von Roth und um Argenstein dar. Diese Vermessungen sind in der Regel deutlich genauer als die Laserscandaten. Daher wurden die terrestrisch vermessenen Höhen, die der „Untersuchung zu den Polderdeichen“ (2005) vom Ingenieurbüro Hartung und Partner entnommen sind, in dem entsprechenden Abschnitt für die Darstellung der Deichoberkanten statt des Laserscans genutzt. Dabei erfolgte eine lineare Interpolation der Höhendaten zwischen den Querprofilen. Weiterhin standen als Datengrundlage für den Abschnitt des Deiches zwischen der Rother Mühle und der dort befindlichen Brücke (Wolfshäuser Straße) Deichhöhen aus der Vorplanung „Vorabmaßnahme zur Sicherung des Deiches“ aus dem Jahr 2007 zur Verfügung. Diese Planungsunterlage wurde von der Gemeinde Weimar geliefert und die entsprechenden Höheninformationen bzgl. des Dammes sind in das DGM integriert worden. Im Rahmen der DGM-Erstellung wurden entlang der Hochwasserschutzdeiche Verschlussmöglichkeiten im Kreuzungsbereich von Gräben oder Ähnlichem vorausgesetzt.

Die Anbindung Nord des Altarmes bei Cappel, die nach der Befliegung von 2005 durchgeführt wurde und somit durch die Laserdaten nicht abgebildet wird, wurde basierend auf einem Bestandslageplan des Ingenieurbüros icon (Mainz-Laubenheim) vom 2006 integriert. Zudem wurden die Laserdaten im Bereich von Ortschaften durch Kanaldeckelhöhen ergänzt. Durch den stichprobenartigen Vergleich der Laserscan- mit den Kanaldataen waren nur Höhendifferenzen von wenigen Zentimetern (10-15 cm) zu erkennen, wodurch sich die Daten zum Teil gegenseitig verifizieren. Trotzdem ist bei Bedarf (konkrete Planung einer Baumaßnahme; geringer vorhandener Freibord) gerade im Bereich von Dammstrukturen eine terrestrische Vermessung der Örtlichkeit durchzuführen, um die möglichen Ungenauigkeiten der Laserdaten oder aber auch der Luftbildauswertung verbunden mit der linearen Interpolation entlang der Bruchkanten/Dämme zu erkennen. Dies gilt insbesondere für die Bereiche, für die die Höhendaten aufgrund von Ortsbegehungen nur abgeschätzt werden konnten (z. B. Hochwasserschutzmauern). Die Datengrundlagen für das DGM zwischen Marburg und der Einmündung der Salzböde werden in Abb. 3-2 exemplarisch noch einmal grafisch dargestellt.

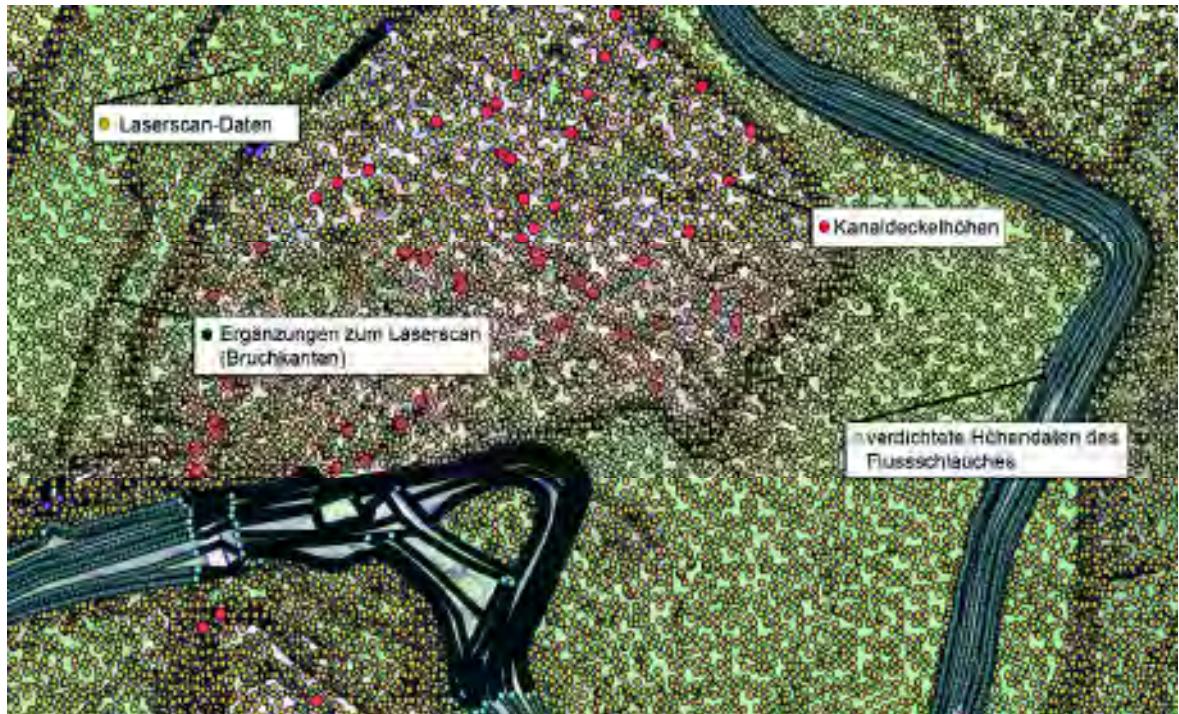


Abb. 3-2: Datengrundlage DGM (Mitte Marburg bis Einmündung Salzböde)

Die oben beschriebenen Datengrundlagen des „alten Istzustandes“ werden für die Modellierung des „zukünftigen Istzustandes“ ergänzt bzw. verändert. Dabei werden die veränderten Höhen durch die Deichrückverlegung bei Wehrda, die in den Querprofilen des RKH noch nicht integriert ist, basierend auf einer Ortsbegehung und den angrenzenden Profilhöhen abgeschätzt. Die weiteren in Kapitel 2.2 beschriebenen Veränderungen der Geländeoberfläche, die im „zukünftigen Istzustand“ modelliert werden, basieren auf den in Kapitel 3.1 aufgezählten Unterlagen. Dabei wurden als Höhen der neuen Straßendämme (Lückenschluss B3) die Achshöhen aus den entsprechenden Planungsunterlagen herangezogen (Vernachlässigung der Querneigung). Nach Beendigung der Baumaßnahmen sollte das DGM ggf. mit den Bestandsplänen abgeglichen werden.

### 3.3 Hydrologische Grundlagen

Für die durchgeführten HN-Berechnungen standen die in Tab. 3-2 dargestellten und auf den Pegel Marburg bezogenen statistischen Abflusswerte zur Verfügung. Diese setzen sich aus dem hydrologischen Längsschnitt des RKH-Projektes zusammen, bei dem die Wirkung oberhalb des Projektgebietes gelegener HRB nicht berücksichtigt wurde. Darüber hinaus liegen auf Grundlage der Pegelstatistik für den Pegel Marburg Abflussgrößen vor, die gleichzeitig die Bemessungsgröße für die Bewertung zum Lückenschluss der B 3 darstellen. Ergänzt wurden die statistischen hydrologischen Daten durch die vom HLUG bereit gestellten vorläufigen Ergebnisse der hessenweiten HW-Regionalisierung. Diese Werte bildeten gleichzeitig die Grundlage zur Umrechnung des  $HQ_{100}$ -Wertes des RKH auf die anderen statistischen Hauptwerte gemäß dem in Hessen für die Erstellung der HWRMP festgelegten Vorgehen. Als gemessene Größen liegen zudem die Abflussdaten des HW-Ereignisses aus dem Jahr 1994 vor.

Tab. 3-2: Statistische Abflusswerte bezogen auf den Pegel Marburg (Quelle: HLUG)

	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>2</sub>
	[m <sup>3</sup> /s]							
HQ <sub>100</sub> des RKH (o. Wirkung der HRB) <sup>1)</sup> und auf Basis der HW-Regionalisierung umgerechnete statistische Abfusskenngrößen		517	471		410	365	317	
Pegelstatistik (Pegel Marburg) <sup>2)</sup>		327	302		277	240	192	165
HW-Regionalisierung des Landes (vorläufige Daten)	373	353	330	305	296	269	238	192

<sup>1)</sup> gemäß hessenweitem Vorgehen Grundlage für die Ausweisung von Überschwemmungsflächen (HQ<sub>100</sub>)

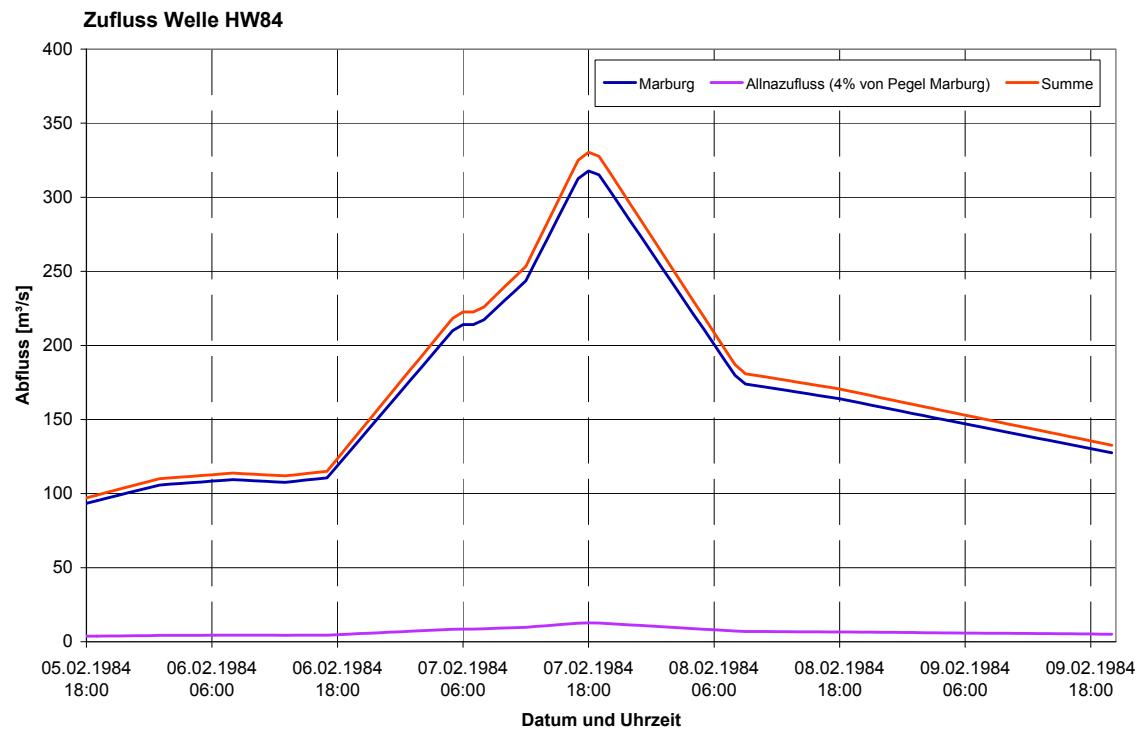
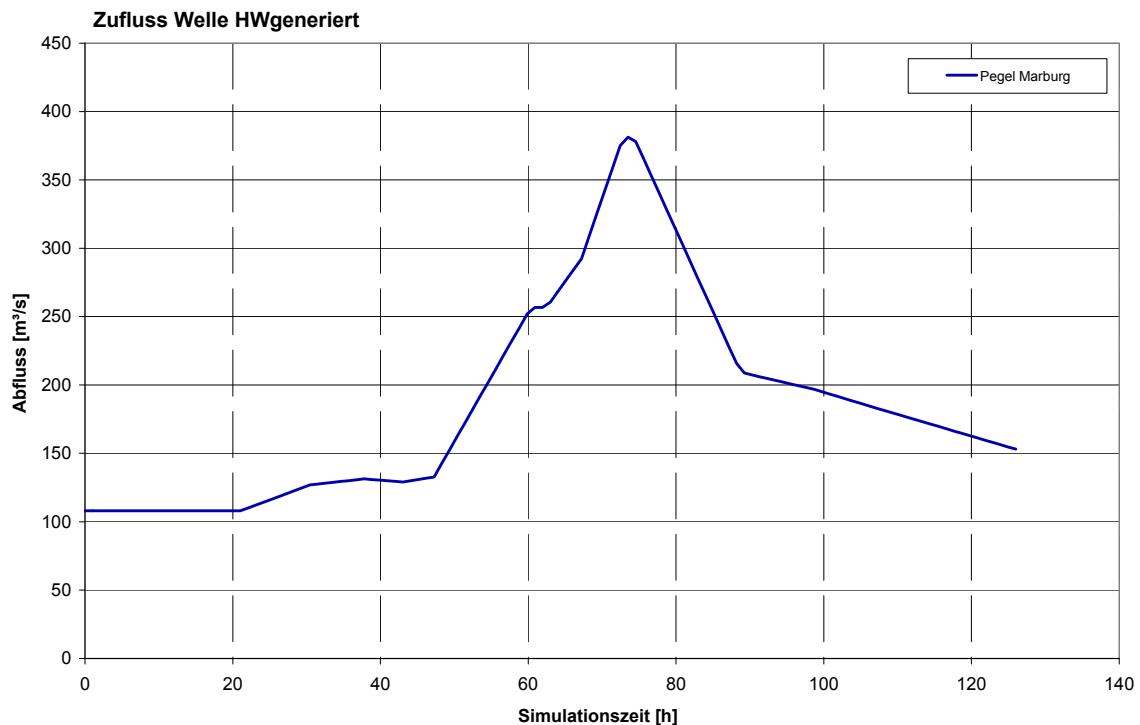
<sup>2)</sup> Bemessungsgröße für die Bauwerke zum Lückenschluss der B3

Im Kontext der 2D-HN-Modellierung wurden drei Abflussereignisse berechnet und analysiert. So wurde zum einen die Abflusswelle des Hochwassers vom Februar 1984 simuliert. Die Spitze der Welle stellt dabei gleichzeitig ein statistisch gesehen einmal in hundert Jahren vorkommendes Hochwasser (HQ<sub>100</sub>) mit der Berücksichtigung der oberstromigen Hochwasserrückhaltebecken (HRB) dar. Das für das Untersuchungsgebiet maßgebende Becken ist das HRB Kirchhain/Ohm. Die Ganglinie des Ereignisses von 1984 ist für den Pegel Marburg den Unterlagen des Projektes „Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Hessischen Lahn“ (INTERREG II C) entnommen und wird in Abb. 3-3 dargestellt. Das Maximum dieser Abflusswelle betrug in Marburg ca. Q = 318 m<sup>3</sup>/s. Der Zufluss der Allna ins Untersuchungsgebiet wurde mit 4 % des jeweiligen Abflusses der Lahn am Pegel Marburg abgeschätzt (Maximum: ca. Q = 12 m<sup>3</sup>/s). Dies entspricht in etwa den Verhältnissen, die im Mittel in den amtlichen hydrologischen Längsschnitten (Stand 2002) und auch in den vorläufigen Hochwasserregionalisierungen (Stand 2009) für die Maxima der Abflussereignisse unterschiedlicher Jährlichkeiten vorliegen. Die Zuflüsse des Wenkbaches und der Zweester Ohm sowie der Zufluss der Salzböde wurden vernachlässigt. Das hier beschriebene Abflussereignis von 1984 wird im Folgenden als HW<sub>84</sub> bezeichnet.

Weiterhin ist der Abfluss, der einem HQ<sub>100</sub> ohne die Berücksichtigung der oberstrom gelegenen HRB entspricht, berücksichtigt worden. Dieser Abfluss wird stationär, d. h. ohne Veränderungen über die Zeit, betrachtet und beträgt für den Pegel Marburg Q = 517 m<sup>3</sup>/s. Dieser Wert wurde aus dem RKH-Projekt übernommen. Der Zufluss der Allna, wird bei diesem Ereignis mit Q = 20 m<sup>3</sup>/s angesetzt, die Zuflüsse des Wenkbaches, der Zweester Ohm und der Salzböde werden ebenfalls vernachlässigt. Dieser stationäre Abfluss wird im Folgenden als HW<sub>RKH</sub> bezeichnet.

Zusätzlich wurde eine Abflussganglinie generiert, die im Folgenden als HW<sub>generiert</sub> bezeichnet wird und auf dem HW<sub>84</sub> basiert. Dabei wurde die Hochwasserwelle des HW<sub>84</sub> um den Faktor 1,2 erhöht und eine zeitliche Verzögerung um den Faktor 1,05 integriert. Die auf diese Weise generierte Ganglinie soll es ermöglichen, instationäre Hochwasserberechnungen mit einem größeren Abfluss als das HW<sub>84</sub> durchzuführen. Das HW<sub>generiert</sub> ist für den Pegel Marburg in Abb. 3-4 dargestellt.

Neben den zuvor genannten Abflüssen, die in den 2D-HN-Untersuchungen berücksichtigt wurden, ist festzuhalten, dass u. a. auch am 23.01.1995 ein Hochwasserereignis mit einem max. Abfluss am Pegel Marburg Q = 275 m<sup>3</sup>/s und im Januar 2003 ein Hochwasser mit einem Spitzenabfluss von Q = 220 m<sup>3</sup>/s in Marburg stattgefunden haben.

Abb. 3-3: Abfluss Pegel Marburg HW<sub>84</sub>Abb. 3-4: Abfluss Pegel Marburg HW<sub>generiert</sub>

## 4 MODELLERSTELLUNG 2D-BEREICH

### 4.1 Beschreibung des numerischen Verfahrens

Für die detaillierte Analyse und Bewertung der Hochwassersituation zwischen Cölbe und der Einmündung der Salzböde wurde das zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Simulationsprogramm Flumen herangezogen. Diese Software wird von der Firma Fluvial (Schweiz) entwickelt und vertrieben. Um detaillierte Aussagen über z. B. die lokale Verteilung von tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten, Wasserständen oder spezifischen Abflüssen zu liefern, löst das Programm die tiefengemittelten Flachwassergleichungen mittels eines expliziten, zellzentrierten Finite-Volumen-Verfahrens. Das Verfahren garantiert eine hohe Stabilität und kann auch für gemischt unter- und überkritische Abflussverhältnisse genutzt werden. Zur Diskretisierung der Geländeoberfläche nutzt Flumen unstrukturierte Dreiecksnetze, die sich insbesondere im Bereich von Bruchkanten gut an die Geländeform anpassen lassen. Die Software unterstützt den Ansatz von Manning-Strickler zur Beschreibung der Sohlenrauhigkeit. Als Randbedingungen des Modells können u. a. Zuflüsse, Wasserstände und Wasserstands-Abfluss-Beziehungen angegeben werden. Weiterhin erlaubt Flumen die Vorgabe von Anfangswasserständen im Simulationsgebiet. Bauwerke, wie z. B. Rohre oder Brückenplatten, können als zusätzliche Elemente in das Modell integriert werden [1], [2].

Die Darstellung der Simulationsergebnisse ist in Flumen selbst möglich. Es kann aber auch ein Export der Ergebnisse in andere Programme, wie z. B. in Microsoft Excel oder das geografischen Informationssystem ArcGis, erfolgen.

Bei dem Einsatz von hydrodynamisch-numerischen Modellen liegt bzgl. der Wasserstände die absolute Genauigkeit, die sich direkt auf die berechnete Strömungsgröße bezieht und beispielsweise durch einen Vergleich von berechneten Wasserspiegellagen mit Messwerten quantifiziert werden kann, in der Regel im unteren Dezimeterbereich. Die relative Genauigkeit der Wasserspiegellagen, die sich auf den Vergleich zweier Berechnungen mit unterschiedlichen Randbedingungen (z. B. bauliche Maßnahmen im Überflutungsgebiet oder veränderte Zuflüsse) bezieht, liegt im unteren Zentimeterbereich.

### 4.2 Modellierungsaspekte bezogen auf das Untersuchungsgebiet

Die zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Modellierung erstreckt sich von Cölbe bis zur Einmündung der Salzböde in die Lahn über knapp 30 km Gewässerstrecke. Aufgrund der sehr langen Rechenzeiten, die die zweidimensionalen Verfahren erfordern, wurde diese Strecke in zwei Abschnitte unterteilt. Dadurch werden kürzere Rechenzeiten erreicht und die Untersuchungen somit effizienter gestaltet. Der erste Teilabschnitt erstreckt sich von Cölbe bis ca. zur Schützenpfahlbrücke in Marburg. Der zweite Modellabschnitt schließt dort an und endet bei der Einmündung der Salzböde in die Lahn. Für beide Teilabschnitte sind als hydrologische Eingangsdaten die Werte des Pegels Marburg herangezogen worden.

In den durchgeführten Untersuchungen werden nur offene Wasserverbindungen modelliert. Mögliche Sickerströmungen durch vorhandene Dämme werden nicht berücksichtigt. Straßen- und Bahndämme werden als wasserundurchlässig angenommen. Kleinere Verrohrungen und Amphibiendurchlässe werden nicht berücksichtigt. Zur Feststellung von offenen Wasserverbindungen wurden Ortsbegehungen durchgeführt und die Ergebnisse des RKH-Projektes herangezogen. Dabei ist jedoch nicht auszuschließen, dass kleinere

Verrohrungen oder Ähnliches, bei denen es keine Verschlussmöglichkeiten im Hochwasserfall gibt, nicht erfasst werden konnten. Das Gewässerbett des Walger- und des Wenkbaches sowie der Zweester Ohm wurden im Berechnungsnetz ebenso wie weitere kleine Gräben und Bäche vernachlässigt. Ebenfalls sind bei kleineren Feldwegen im Vorland, die nur eine minimale Dammstruktur aufweisen, keine Bruchkanten in das Berechnungsnetz integriert worden (um die Struktur des Berechnungsnetzes nicht zu verschlechtern). Die für die Modellierung benötigten Höhen der Unterkanten vorhandener Brückenplatten wurden entweder aus den der RKH-Querprofilen entnommen oder aufgrund vorhandener Fotos der Ortsbegehungen abgeschätzt. Des Weiteren wurden die existierenden Wasserkraftanlagen im Hochwasserfall als „geschlossen“ oder nicht in Betrieb angenommen. Ebenso wurden mobile Hochwasserschutzeinrichtungen, die bei den Ortsbegehungen zu erkennen waren, als geschlossen angenommen. Die untere Randbedingung im Bereich der Einmündung der Salzböde in die Lahn, die bei stationären Rechenläufen ein Wasserstand und bei instationären Berechnungen eine Wasserstands-Abfluss-Beziehung ist, wurde mit Hilfe des eindimensionalen HN-Modells des RKH-Projektes ermittelt.

Basierend auf entzerrten Luftbildern (Orthofotos) sowie diversen Ortsbegehungen vom Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft wurden den einzelnen unterschiedlich genutzten Flächen Rauheitsbeiwerte, die für die hydraulischen Berechnungen zwingend notwendig sind, zugewiesen. Neben dem generellen Ansatz, die vorhandene Bebauung über eine vorgegebene Rauheit zu modellieren, wurden wenige, einzelne Gebäude, die direkt am Gewässer stehen (z. B. die Mühlen), über eine Erhöhung des Berechnungsnetzes an den entsprechenden Stellen abgebildet. Somit können diese Netzzellen (Gebäude) nicht durchströmt werden.

#### 4.3 Kalibrierung

Die beiden HN-Modelle für den alten Istzustand wurden kalibriert. Hierzu sind die berechneten, maximalen Wasserstände für die Hochwasserwelle von 1984 mit den aus dem INTERREG IIC Projekt vorhandenen Wasserspiegelfixierungen verglichen worden. Die Lage dieser Wasserspiegelfixierungen wird in Abb. 4-1 dargestellt. In den Modellen wurden folgende Stricklerwerte für die unterschiedlich genutzten Flächen verwendet:

- Gewässerschlauch:  $k_{St} = 33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Ackerfläche/Grünland:  $k_{St} = 28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Siedlungsfläche/Gebäude:  $k_{St} = 5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Waldfläche/Gebüsch:  $k_{St} = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Kiesfläche/Schotter:  $k_{St} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Fläche mit vereinzeltem Buschwerk:  $k_{St} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Bei wenigen weiteren Flächen, die nicht in das oben aufgelistete Schema passen, wurden zusätzlich individuell Stricklerwerte vergeben. Beispielhaft ist hier das Naturschutzgebiet südwestlich von Ronhausen zu nennen, für das ein Wert von  $k_{St} = 17 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  angesetzt wurde.

Für das HW<sub>84</sub> wird mit den genannten Rauheiten eine gute Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Wasserständen erzielt (vgl. Abb. 4-2 und Abb. 4-3). Lediglich zwei Ausnahmen sind zu verzeichnen. Dies sind zum einen der Messpunkt an der

Weidenhäuser Brücke (Bereich Mensa) in Marburg und zum anderen der Messpunkt im Brückebereich bei Bellnhausen. Hier sind jedoch Plausibilitätsprüfungen durchgeführt worden, die keine Unstimmigkeiten in der HN-Modellierung aufgezeigt haben. Daher liegt die Vermutung nahe, dass diese zwei Abweichungen auf ungenaue Messungen beruhen könnten. Aufgrund der insgesamt guten Übereinstimmung von Messung und Berechnung kann davon ausgegangen werden, dass die 2D-HN-Modellierung belastbare Simulationsergebnisse liefert.

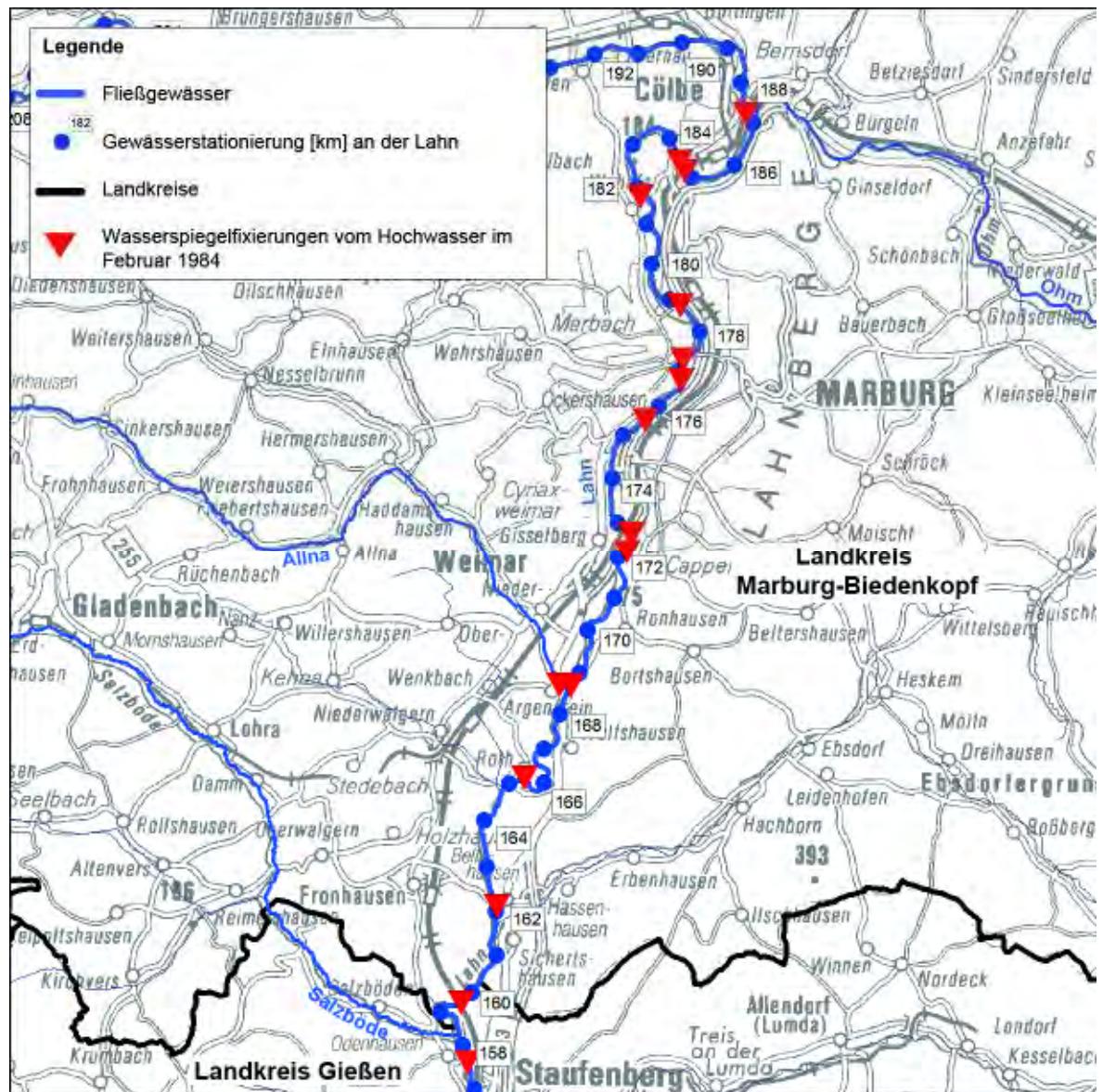


Abb. 4-1: Wasserspiegelfixierungen

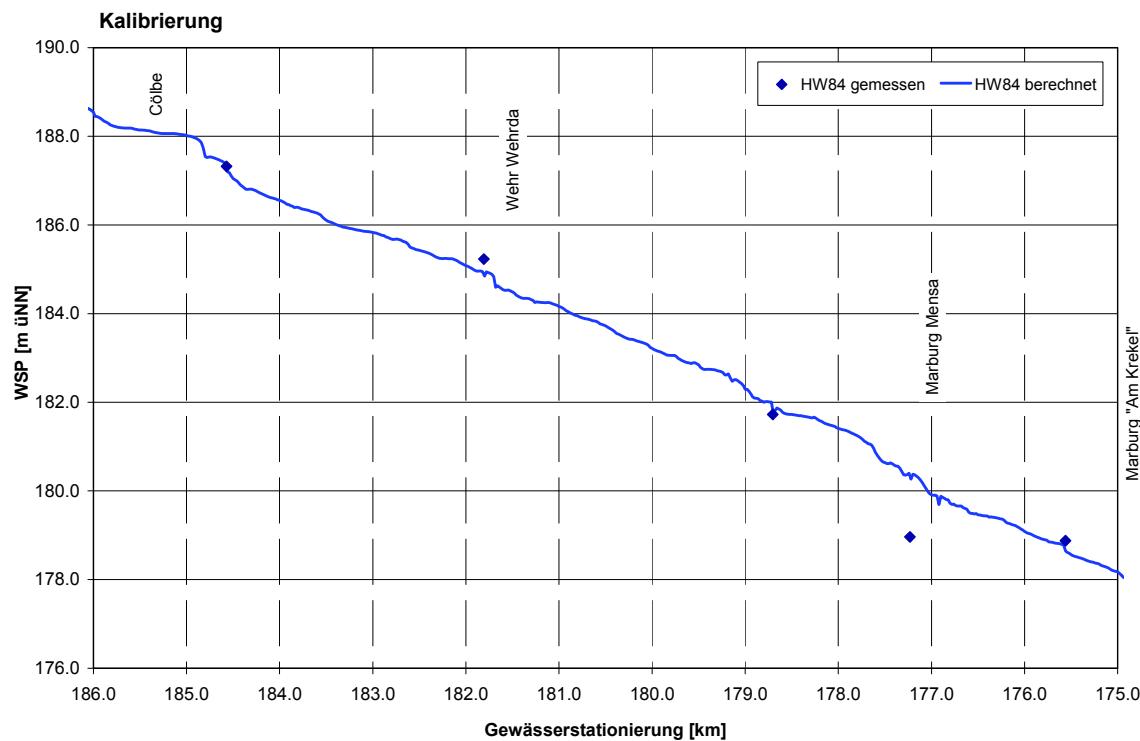


Abb. 4-2: Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Wasserstand für das HW<sub>84</sub> (Cölbe bis Marburg)

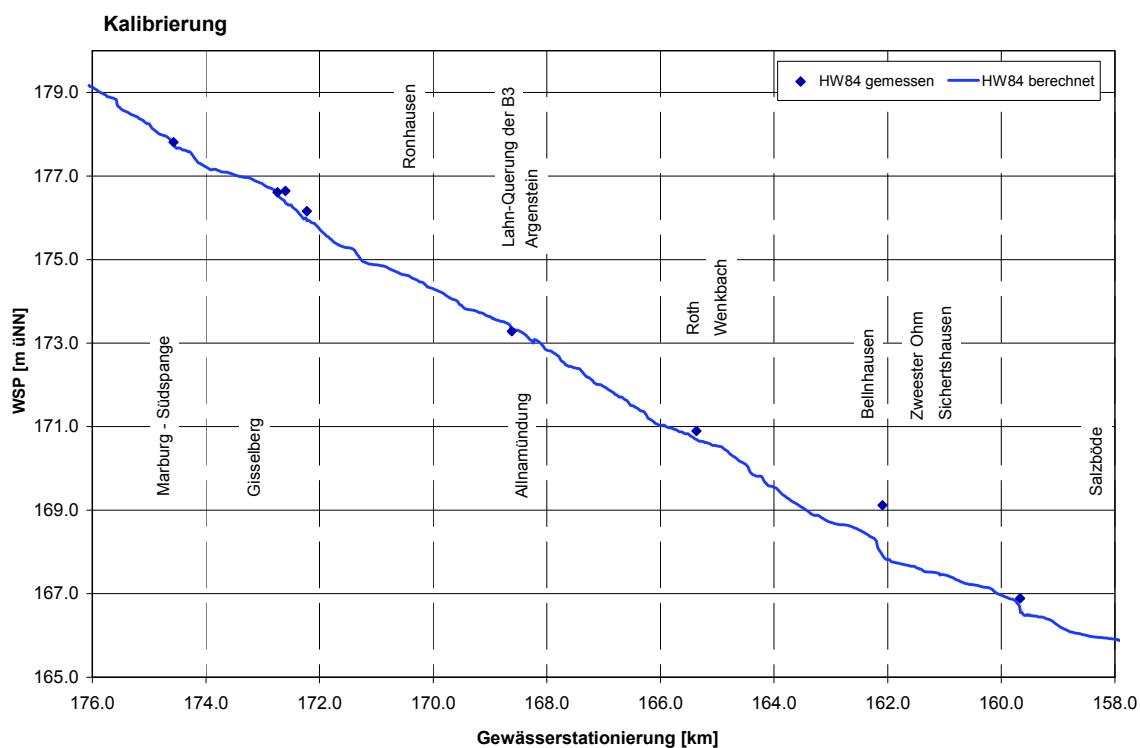


Abb. 4-3: Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Wasserstand für das HW<sub>84</sub> (Marburg bis Salzböde)

## 5 ERGEBNISSE ALTER ISTZUSTAND

### 5.1 HW<sub>84</sub>

In diesem Kapitel wird die Hochwassersituation von 1984 für einzelne, kritische Bereiche detailliert beschrieben. Die Wassertiefen und Überschwemmungsflächen, die sich für dieses Szenario einstellen, werden in den Abb. 5-1 und Abb. 5-3 gezeigt. Bei der Darstellung dieser Ergebnisse wie auch bei der Beschreibung aller weiteren Ergebnisse werden für die instationären Abflussvorgänge immer die maximalen Wasserspiegellagen bzw. Wassertiefen dargestellt.

Demnach liegen südlich der Bahnhofsbrücke in Marburg bei Vernachlässigung des unterirdischen Zu- und Abflusses des Grabens am botanischen Garten im Stadtgebiet keine bebauten Bereiche, sondern lediglich der Flussschlauch und die sich direkt anschließende Aue (inkl. der dort vorhandenen Parkplätze) in der Überflutungsfläche. Wenn man den höchst möglichen Wasserstand des Grabens entlang des botanischen Gartens, der sich aufgrund der unterirdischen Verbindung einstellen kann, ansetzt (181,66 müNN; gleich dem Wasserstand im oberstromigen Mühlgraben) werden dadurch große Bereiche des botanischen Gartens überflutet. Es kommt jedoch zu keinem Überströmen der Johannes-Müller-Straße, der Straße Pilgrimstein und der Deutschhausstraße.

Nordwestlich der Bahnhofsbrücke in Marburg übertrifft dagegen, basierend auf den vorliegenden Daten, der ermittelte Wasserspiegel die vorhandene Schutzmauer und der bebauten Bereich dahinter liegt teilweise in der Überflutungsfläche. Zudem zeigen die Berechnungen einen Übertritt des Wassers über den alten, mittlerweile nicht mehr vorhandenen Deich in der Lahnschleife bei Wehrda und eine Überflutung des Sportplatzes in Cölbe und des sich daran anschließenden nordöstlichen Bereiches. Der Deich bzw. die vorhandenen Hochwasserschutzmauern entlang der Ortschaft Wehrda sind dagegen in ihrer Höhe ausreichend. Der Bereich hinter dem linksseitigen Deich zwischen der Cölber Straße und nördlich der Afföllerwiesen liegt dagegen wieder in der Überflutungsfläche, da der Deich im unterstromigen Bereich z. T. zu niedrig ist und auch Wassermassen aufgrund des Deichübertritts an der Lahnschleife bei Wehrda und dem anschließenden Überströmen der Cölber Straße in diesen Bereich gelangen.

Der Wellenscheitel reduziert sich von Cölbe bis zum Gewerbegebiet „Am Krekel“ in Marburg im Modell um  $\Delta Q = \text{ca. } 10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die Fließzeit zwischen Cölbe und dem südlichen Ende von Marburg beträgt knapp 3,5 h.

Die Ergebnisse der Simulation des HW<sub>84</sub> zeigen weiterhin, dass basierend auf den vorliegenden Daten die südlich von Marburg gelegenen Deiche in ihrer Höhe größtenteils ausreichen. Weitere wesentliche Ergebnisse für den Bereich südlich von Marburg werden im Folgenden erläutert:

Im Bereich der Steinmühle gibt es keine Überschwemmungen. Es ist jedoch zu bemerken, dass die Wasserspiegellagen direkt unterstrom des Mühlengeländes, wo keine separate Hochwasserschutzeinrichtung erkennbar war, nahezu gleich den Geländehöhen sind. Minimale Anstiege des Wasserstandes können hier zu einer Überflutung führen.

Genauso verhält es sich an der Mühle in Argenstein, wenn die Lücke direkt unterstrom des Mühlgebäudes nicht geschlossen wird. Dieser Bereich wurde im Modell offen abgebildet, da eine Einrichtung zur Schließung bei der Ortsbegehung nicht zu erkennen war.

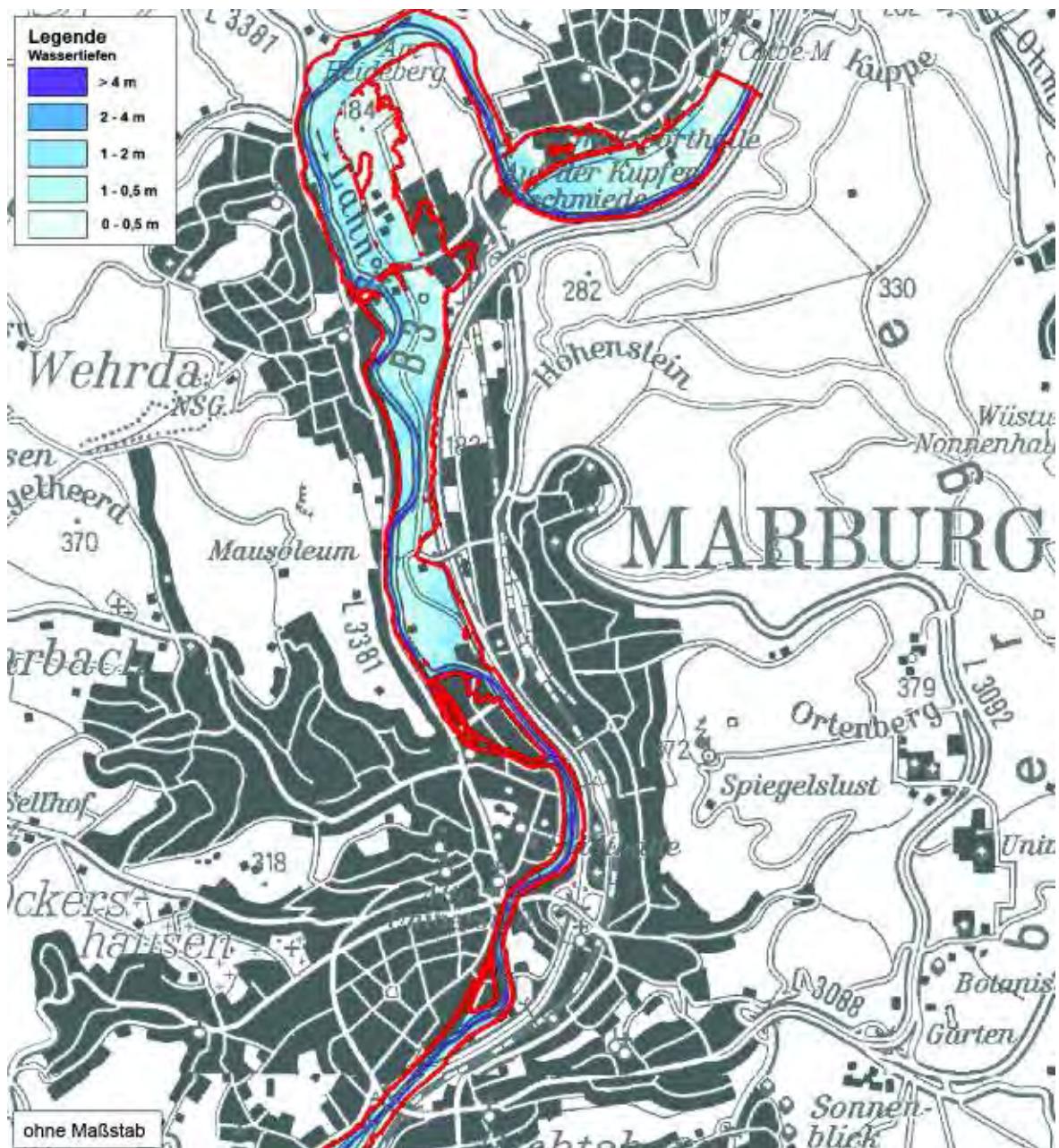


Abb. 5-1: Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HW<sub>84</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; alter Istzustand

Die Höhe des Geländes im Bereich der Mauerlücke (173,05 m üNN) basiert auf den umliegenden Laserscanpunkten und einer Höhenabschätzung auf Basis einer Ortsbegehung, da direkt im Bereich der Lücke kein Laserscanpunkt in den Eingangshöhendaten vorhanden war. Der sich unterstrom dieser Mauer anschließende Abschnitt entlang des Mühlgrabens wurde bis zum nächsten Gebäude mit der abgeschätzten Mauerhöhe (173,45 m üNN) durchgängig gleich gesetzt. Aufgrund des Bewuchses, der sich auf dem dort vorhandenen Wall befindet und z. T. ungenaue Laserdaten hervorruft, musste eine Abschätzung erfolgen. Ebenso sei an dieser Stelle auf den Bereich direkt oberstrom des Mühlengeländes hingewiesen. Auch hier ist für einen sehr kurzen Bereich (ca. 1 m) eine Absenkung um ca. 30 cm zur restlichen Deichhöhe zu verzeichnen. Die Abbildung dieser

Lücke ist im HN-Modell jedoch nicht erfolgt, da es zum einen zu kleine Berechnungsnetzzellen und zum anderen nahezu keine Änderungen in den Ergebnissen hervorruft.

Der Damm zwischen der Mühle und der Brücke (Wolfhäuser Straße) in Roth wird um 6 cm überströmt. Die oberstrom angrenzende Hochwasserschutzmauer ist in ihrer Höhe für diesen Abfluss jedoch ausreichend, wenn der Durchgang durch die dort vorgesehenen Einrichtungen geschlossen wird. Im Bereich der Flutmulde bei Roth stellen sich aufgrund der relativ kleinen Auslässe am unterstromigen Ende starke Rückstaueffekte ein. Daher wird der dort vorhandene, bebaute Bereich (Straße „Am Hopfen“), der durch Dämme und Hochwasserschutzmauern umgeben ist, überflutet. Die Schutzeinrichtungen, deren Höhen in den Laserdaten nicht enthalten sind und daher auf Grundlage einer Ortsbegehung abgeschätzt wurden (171,5 müNN), werden bei der Simulation um wenige Zentimeter überströmt. Ebenfalls im unterstromigen Bereich der Flutmulde findet eine Überströmung des westlichen Deiches, der die dahinter liegenden landwirtschaftlichen Flächen schützen soll, statt. Dadurch wird auch ein kurzer Abschnitt der K 59 westlich von Roth überströmt. Wesentliche Ergebnisse in Bezug auf die berechneten Wasserstände und Deichhöhen in Argenstein und Roth sind in der Anlage A1 dargestellt. Zudem zeigt Abb. 5-2 die Hochwassersituation von 1984 in Natur im Vergleich zu den Berechnungsergebnissen bei Roth.



Abb. 5-2: Vergleich zwischen den sich 1984 eingestellten Hochwasserverhältnissen und den Berechnungsergebnissen im Bereich von Roth

Auf Höhe von Bellnhausen sind Lahnnahre Stallungen und Gartenhäuser hochwassergefährdet. Weiterhin werden die Deiche bzw. Deichreste in der Lahnschleife bei Salzböden überströmt. Oberstrom der Bahnquerung bei Salzböden ist das sehr kurze Wallstück zwischen den Gleisanlagen und dem Entwässerungsgraben in seiner Höhe knapp ausreichend (10 cm). Diese Höhe wurde auf Basis einer Ortsbegehung abgeschätzt.

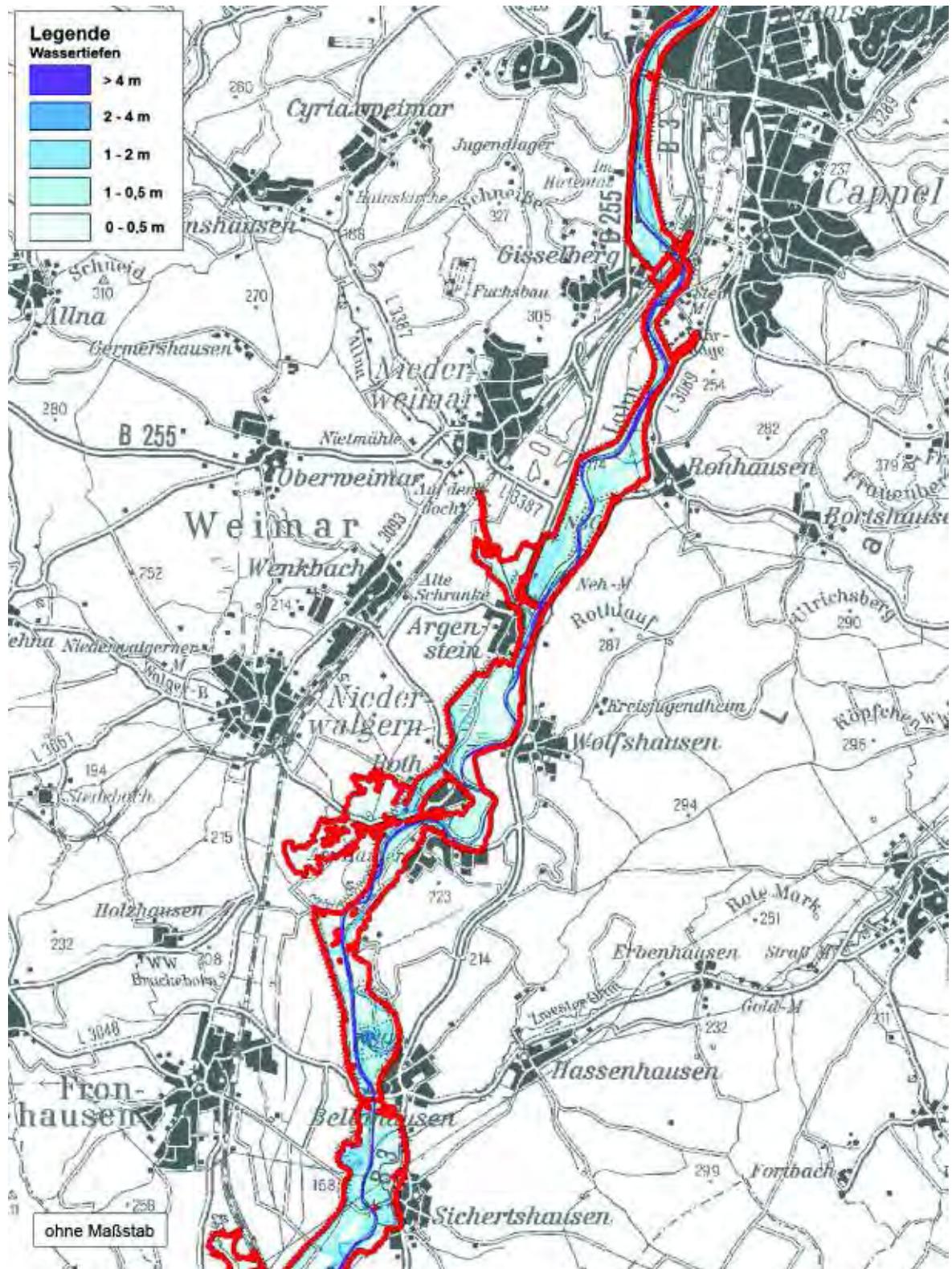


Abb. 5-3: Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HW<sub>84</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; alter Istzustand

Der Hochwasserscheitel von 1984, der an den Zuflussrändern des zweiten Modellabschnittes in der Summe  $Q = \text{ca. } 330 \text{ m}^3/\text{s}$  beträgt (Pegel Marburg und Zufluss Allna), reduziert sich bis zur Einmündung der Salzböde in die Lahn kaum (Abfluss:  $Q = 316 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Es vergehen knapp 6 Stunden zwischen dem Erreichen des Scheitels im südlichen Bereich von Marburg und dem Ankommen der Wellenspitze im Bereich der Salzbödemündung.

## 5.2 HW<sub>RKH</sub>

Bei dem Abfluss des HQ<sub>100</sub> gemäß RKH (HW<sub>RKH</sub>) sind die Deichhöhen oftmals nicht ausreichend und es entstehen weitaus größere Überflutungsflächen als bei dem Abflussergebnis HW<sub>84</sub>. Dementsprechend wird bei diesem Abfluss deutlich mehr bebaute Fläche überströmt. Die Wassertiefen und Überschwemmungsflächen, die sich bei diesem Abfluss einstellen, sind den Abb. 5-4 und Abb. 5-6 zu entnehmen. Wesentliche Ergebnisse zu dieser Simulation werden im Folgenden kurz erläutert.

Neben dem Bereich am Sportplatz werden in Cölbe im Gegensatz zum HW<sub>84</sub> auch die nördlich der L 3089 gelegenen westlichen Bereiche der Ortslage überflutet, da der hier vorhandene Deich in seiner Höhe nicht ausreicht. Neben dem mittlerweile nicht mehr vorhandenen linksseitigen Deich in der Lahnschleife bei Wehrda wird auch der westlich der Lahn gelegene Deich entlang dieser Ortslage überflutet. Dies hat zur Folge, dass die lahnnahen bebauten Gebiete von Wehrda in der Überflutungsfläche liegen. Der Deich zwischen der Cölber Straße und nördlich der Afföllerwiesen ist in seiner Höhe für dieses Abflussereignis ebenfalls zu niedrig und wird überströmt. Somit liegt der Bereich hinter diesem Deich, der zusätzlich aufgrund einer Deichüberströmung weiter nördlich in der Lahnschleife von Seiten der Cölber Straße geflutet wird, in der Überschwemmungsfläche.

Zudem werden der gesamte Inselbereich südlich des Afföller Wehres und der Bereich zwischen der Lahn und dem alten botanischen Garten in Marburg (auch bei der Vernachlässigung des unterirdischen Grabens) überflutet. Unterstrom von Kahn-km 177,9 findet eine Überströmung der B 3 statt.

Südlich der Weidenhäuser Brücke ist der gesamte Bereich linksseitig der Lahn bis inklusive der vierspurigen Bundesstraße überflutet. Diese Überflutungsfläche erstreckt sich im Süden bis ca. zur Konrad-Adenauer-Brücke. Der sich daran anschließende Straßenabschnitt wird nicht überströmt. Auch rechtsseitig der Lahn erstreckt sich die Überschwemmungsfläche unterstrom der Weidenhäuser Brücke mehrere hundert Meter ins bebaute Gebiet.

Im südlichen Bereich der Stadt Marburg werden aufgrund zu niedriger Straßendammhöhen der Bereich „Am Krekel“ sowie das Gebiet westlich der Gisselberger Straße überflutet. Weiterhin steht die gesamte landwirtschaftliche Fläche zwischen dem Deich und der B 3 südlich von Marburg unter Wasser. Zudem wird basierend auf den Laserscan Daten der Damm nördlich von Gisselberg westlich der B 255 überströmt. Dadurch werden große Teile des Ortes sowie der sich anschließende Bereich zwischen der Main-Weser-Bahn und der B 3 überschwemmt. Aufgrund der vorliegenden Daten endet im Modell die Überflutungsfläche an der Querverbindung zwischen der B 255 und der B 3.

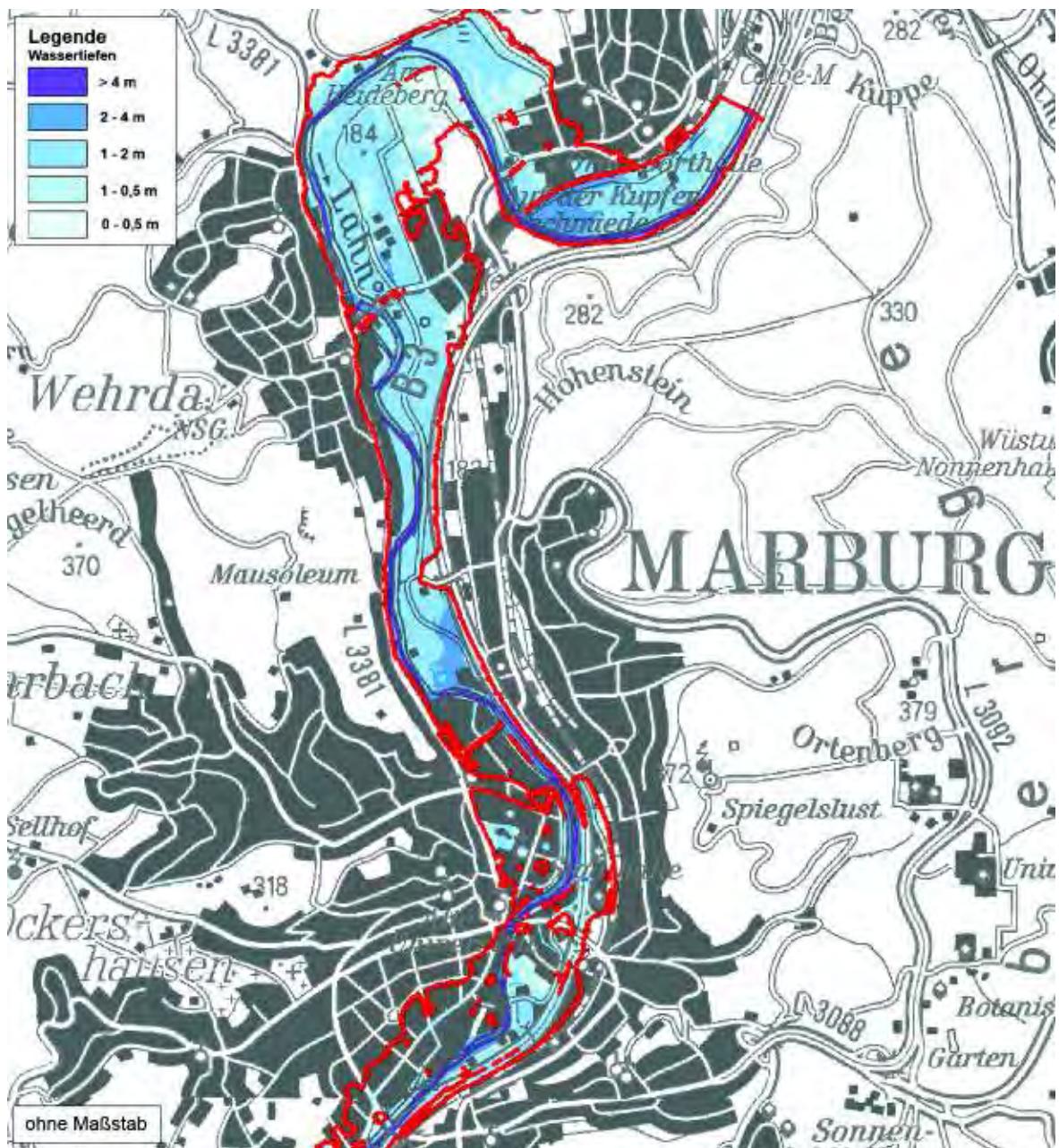


Abb. 5-4: Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HW<sub>RKH</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; alter Istzustand

Im Gegensatz zum HW<sub>84</sub> wird bei diesem HW-Ereignis auch das Gebiet der Steinmühle überflutet. Darüber hinaus findet eine Überströmung der Deiche bei Argenstein statt, was zur Überflutung der Ortslage führt. Die Überschwemmungsfläche erstreckt sich zwischen Argenstein und Roth bis weit ins westliche Vorland. Aufgrund dieser Überströmung und der damit einhergehenden Verbreiterung des Abflussquerschnittes sind die Differenzen des Wasserstandes zwischen dem Hochwasserereignis von 1984 und dem HW<sub>RKH</sub> von Argenstein bis Roth kleiner als im restlichen Modellierungsgebiet. Die Wasserspiegeldifferenzen zwischen diesen beiden Abflüssen werden in Abb. 5-5 gezeigt. Wie sich die Situation bei einer Deicherhöhung und dem Abführen der Wassermassen an dieser Stelle nur durch das Lahnbett darstellt, wird in den Planungsszenarien (vgl. Kapitel 7) analysiert.

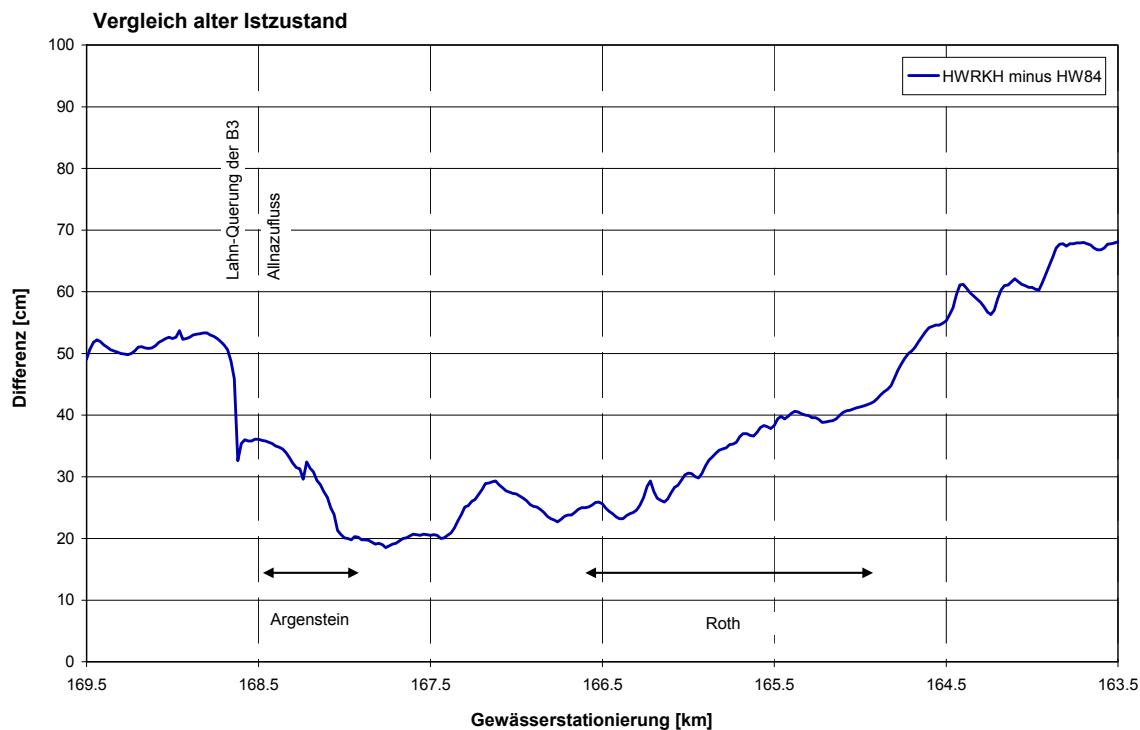


Abb. 5-5: Wasserspiegelvergleich  $HW_{RKH}$  minus  $HW_{84}$  (alter Istzustand)

Die Ortschaft Roth wird bei dieser Abflussvariante zu großen Teilen überflutet. Das Wasser strömt dabei insbesondere über den Deich zwischen Mühle und der Lahnbrücke an der Wolfhäuser Straße. Die Deiche westlich der Ortslage reichen aufgrund der Rückstaueffekte in der Flutmulde in ihrer Höhe knapp aus. Der bebaute Bereich am Ende der Flutmulde liegt trotz der Schutzeinrichtungen, deren Höhen aufgrund einer Ortsbegehung abgeschätzt werden mussten, in der Überflutungsfläche. Zudem reichen die ersten wenigen Meter der Hochwasserschutzmauer direkt oberstrom der Rother Mühle in ihrer Höhe nur knapp aus. Dieser kurze Bereich liegt ca. 30 cm tiefer als die restliche Mauer, deren abgeschätzte Höhe 171,5 müNN beträgt. Die Abbildung dieser Vertiefung ist im HN-Modell nicht erfolgt, was jedoch nahezu keine Änderungen in den Ergebnissen hervorruft.

Zwischen dem Holzhäuser Bach und der Ortslage Bellnhausen findet keine Überströmung des dort vorhandenen rechtsseitigen Deiches statt. Weiterhin sind die Deichhöhen zwischen Bellnhausen und der Ortslage Sichertshausen auf der rechten Seite der Lahn ausreichend. Oberstrom der Bahnquerung bei Salzböden wird der Deich und damit die dahinter liegende landwirtschaftliche Fläche überströmt.

Die Krone des Straßendamms der K 61 bei Sichertshausen liegt bei diesem Abflussergebnis zwar knapp über dem Wasserspiegel. Es können jedoch durch den in den Modellierungen vernachlässigten Durchlass des Mühlgrabens unter der K 61 Teile der Mühle im Norden von Sichertshausen überschwemmt werden.

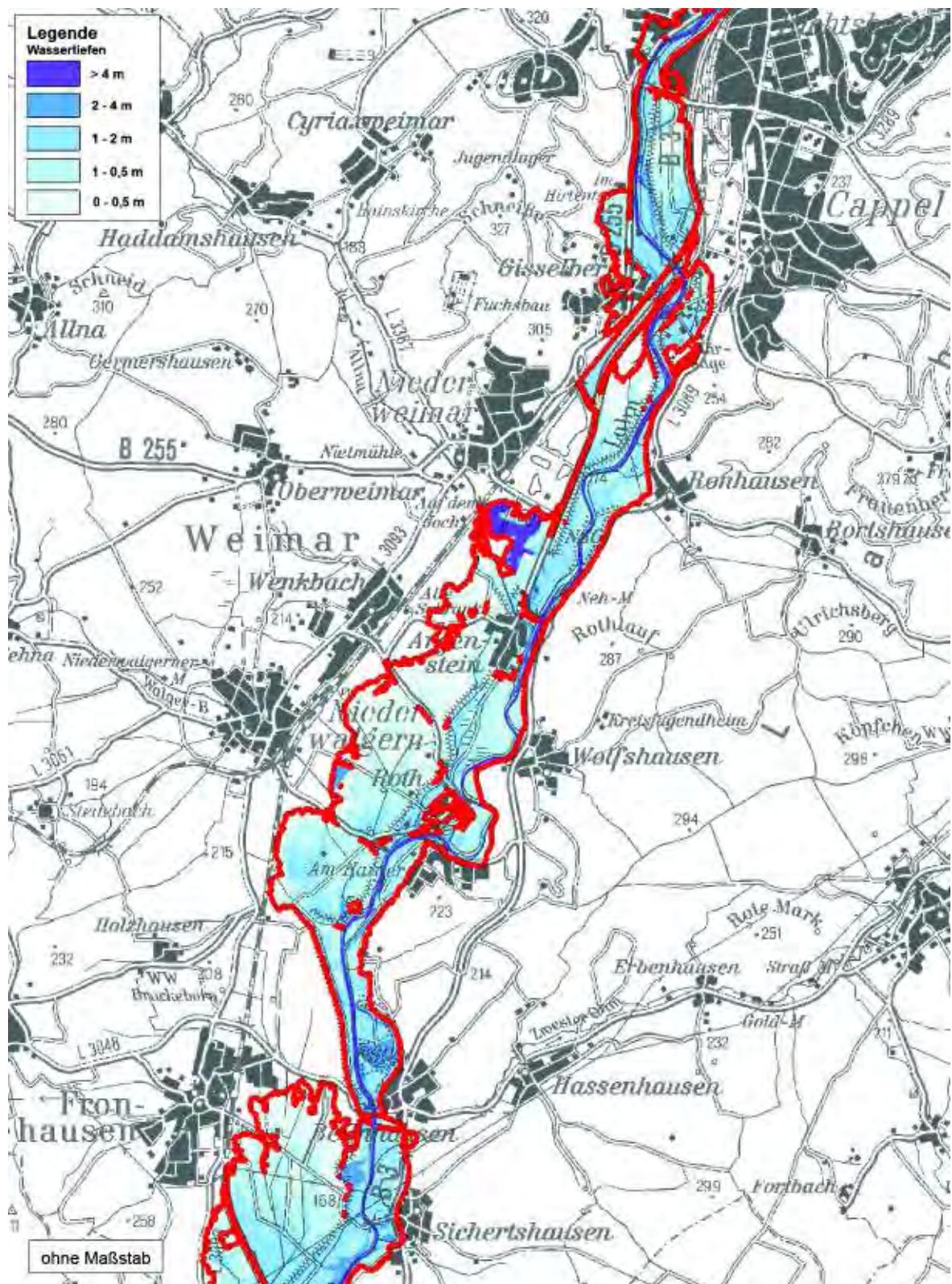


Abb. 5-6: Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HW<sub>RKH</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; alter Istzustand

## 6 ERGEBNISSE ZUKÜNTIGER ISTZUSTAND

In diesem Kapitel werden die Unterschiede zwischen der Hochwassersituation im alten und zukünftigen Istzustand erläutert. Die detaillierten geometrischen Änderungen zwischen diesen beiden Zuständen werden in Kapitel 2.2 beschrieben. Zur besseren Orientierung wird hier noch einmal die Abb. 2.1, die die Veränderungen im zukünftigen Istzustand zeigt, dargestellt.

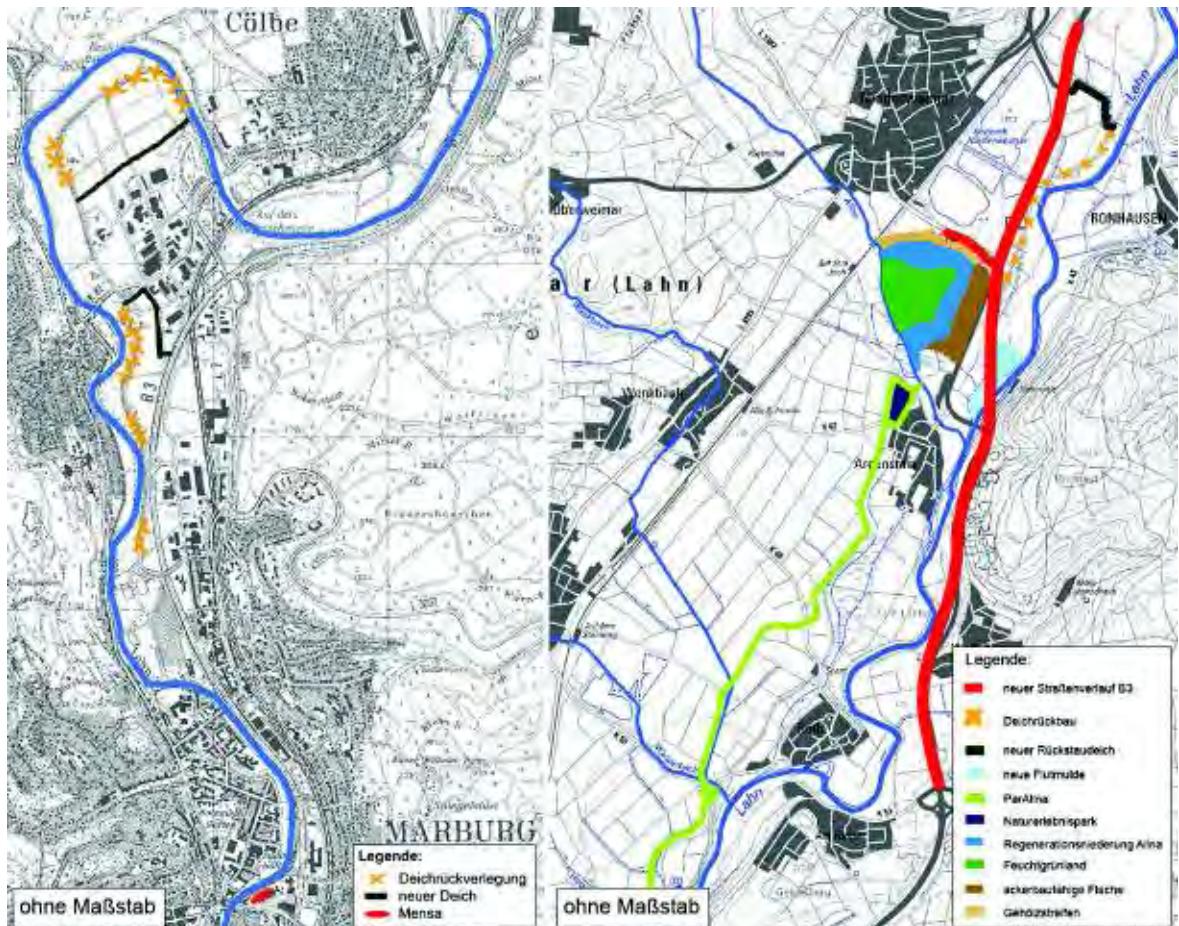


Abb. 6-1: Zukünftiger Istzustand (links: Marburg; rechts: südlich von Marburg)

### 6.1 HW<sub>84</sub>

Die Simulationsergebnisse für das HW<sub>84</sub> zeigen, dass der Wasserspiegel aufgrund der bereits durchgeführten Deichrückverlegung bei Wehrda im zukünftigen Zustand im Vergleich zum alten Zustand im oberstromigen Bereich der Lahnschleife um bis zu 40 cm sinkt. Am unterstromigen Ende der Lahnschleife gibt es dagegen eine leichte Erhöhung um ca. 4 cm. Die basierend auf einer Ortsbegehung abgeschätzten Höhen des hier neu erstellten Deiches (185,9 bis 186,0 mNN) sind im Gegensatz zum alten Istzustand ausreichend, so dass keine Überströmung der Deiche erfolgt. Somit wird ein leicht höherer

Abfluss durch das Gewässerbett der Lahn abgeführt, was zu gering erhöhten Wasserständen führt.

Im weiteren Verlauf der Lahn ergibt sich eine Wasserspiegelabsenkung von bis zu knapp 20 cm, die durch die geplante Deichrückverlegung südlich der Cölber Straße verursacht wird. Schließlich ist noch eine Abweichung zum alten Istzustand nördlich der Baumaßnahmen an der Mensa bei Marburg zu verzeichnen. Die hier basierend auf den vorliegenden Daten herausgearbeitete geringe Verengung des Fließquerschnittes der Lahn verursacht nach oberstrom eine Erhöhung des Wasserspiegels. Diese Erhöhung beträgt bezogen auf die Flussschlauchmitte ca. 7 cm und nimmt anschließend bis zu den Afföllerwiesen ab. Durch diese Erhöhung ergibt sich im Mühlgraben nördlich des botanischen Gartens eine Wasserspiegelanhebung von knapp 5 cm. Projiziert man diesen Wasserstand in den Bereich des botanischen Gartens (maximaler Wasserspiegel, der hier aufgrund des in der Modellierung vernachlässigten unterirdischen Grabens erreicht werden kann), ergibt sich in diesem Gebiet eine um die Fläche zwischen der Johannes-Müller-Straße und der Biegenstraße vergrößerte Überschwemmungsfläche im Vergleich zum alten Istzustand. Die bisher erläuterten Differenzen der Wasserspiegellagen sind in Form eines Längsschnittes in Abb. 6-2 und flächig dargestellt in Abb. 6-3 zu sehen.

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass in der Abb. 6-3 sowie in allen weiteren flächigen Darstellungen der Wasserspiegeldifferenzen nur die Bereiche als Differenz dargestellt werden, die in beiden zu vergleichenden Szenarien in der Überflutungsfläche liegen.

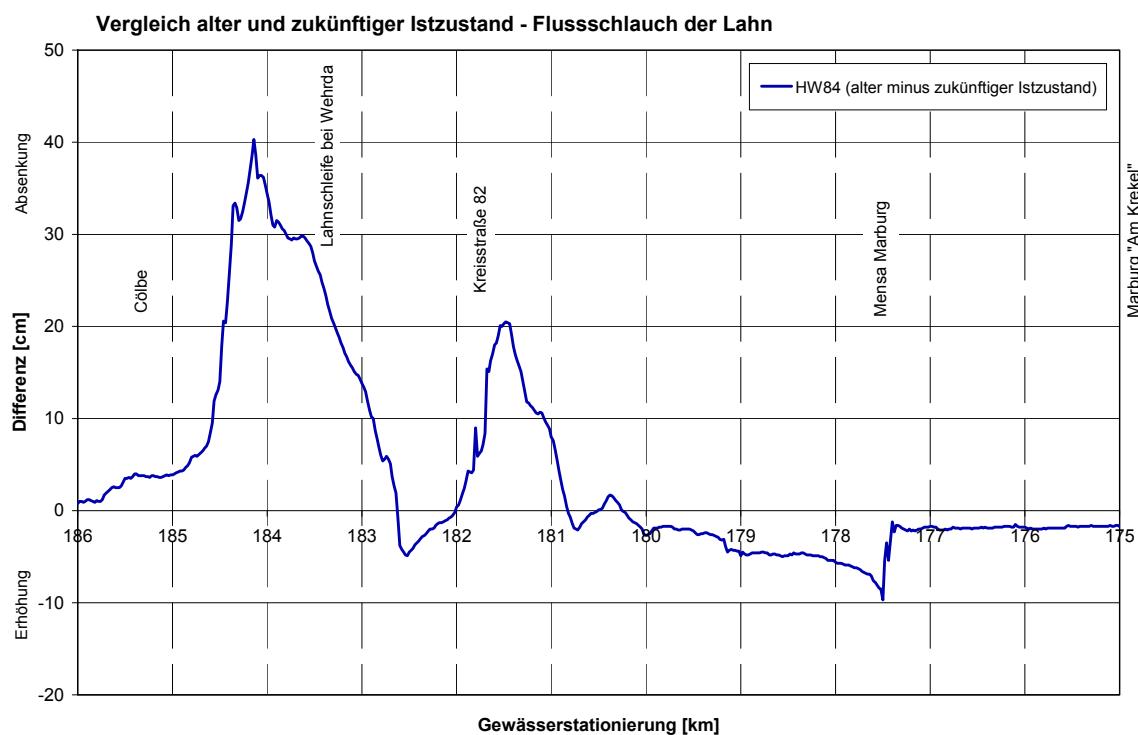


Abb. 6-2: Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand ( $HW_{84}$ ); Längsschnitt Gewässerlauf Lahn (Cölbe bis Marburg)

Der Scheitel der Abflusswelle reduziert sich von Cölbe bis zum Gewerbegebiet „Am Krekel“ nur sehr geringfügig um  $\Delta Q = \text{ca. } 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Es vergehen ca. 3 Stunden zwischen dem Erreichen des Scheitels in Cölbe und dem Erreichen der Wellenspitze am südlichen Ende von Marburg.

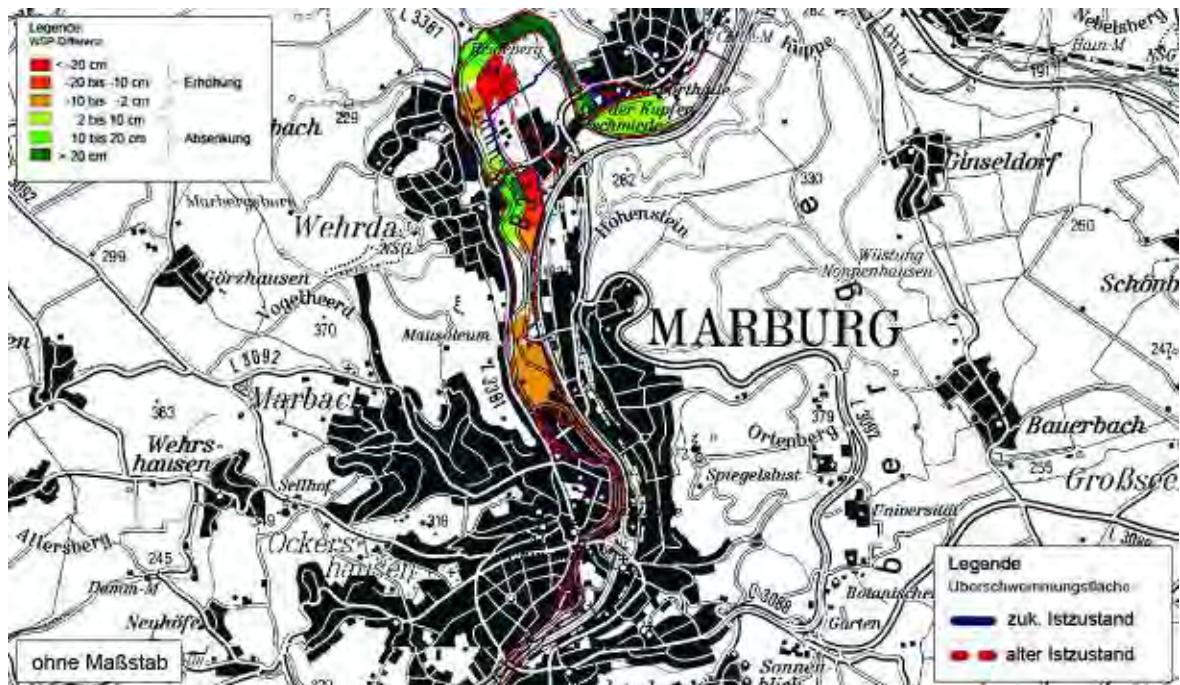


Abb. 6-3: Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW<sub>84</sub>); Bereich Marburg

Für den Bereich südlich von Marburg variieren die Ergebnisse für das HW<sub>84</sub> zwischen dem zukünftigen und dem alten Istzustand nur geringfügig. Abweichungen sind nur ortsnah zu den Bereichen, in denen bauliche Veränderungen modelliert wurden, festzustellen. Die Wasserspiegellagen differieren dabei um wenige Zentimeter. Dies ist für den Gewässerlauf der Lahn in Abb. 6-4 und in der Fläche für das Gebiet um Argenstein und Roth in Abb. 6-5 dargestellt.

In Abb. 6-4 und Abb. 6-5 erkennt man, dass unterstrom von Gisselberg eine Absenkung des Wasserstandes zu erwarten ist. Diese entsteht durch die Deichrückverlegung des rechtsseitigen Deiches der Lahn zwischen dem Seepark Niederweimar und Argenstein, der eine Vergrößerung der Überflutungsfläche hervorruft. Aufgrund des massiven Einschnittes des Straßendamms in die Lahnaue ergibt sich eine leichte Erhöhung der Wasserspiegellage oberstrom des neuen Querungsbereiches der B 3 mit der Lahn. Im direkten Umfeld der Querung ist jedoch ein Absinken des Wasserstandes zu verzeichnen. Dieses wird durch die neu zu erstellende Flutmulde bewirkt. Oberstrom des Zuflusses der ParAllna, die auch bei voll geöffnetem Querschnitt des Zulaufbauwerkes nicht ausufert, liegt im Bereich der Allna wiederum eine leichte Absenkung des Wasserspiegels vor. Zudem verändert sich aufgrund der Allnaverlegung die Überflutungsfläche in diesem Bereich. Sehr geringfügige Wasserspiegelabsenkungen (ca. 1 cm) werden auch zwischen den Ortschaften Argenstein und Roth erzielt. Eine äußerst kleine Erhöhung des Wasserspiegels liegt dagegen bei der Mündung der ParAllna in die Lahn vor.

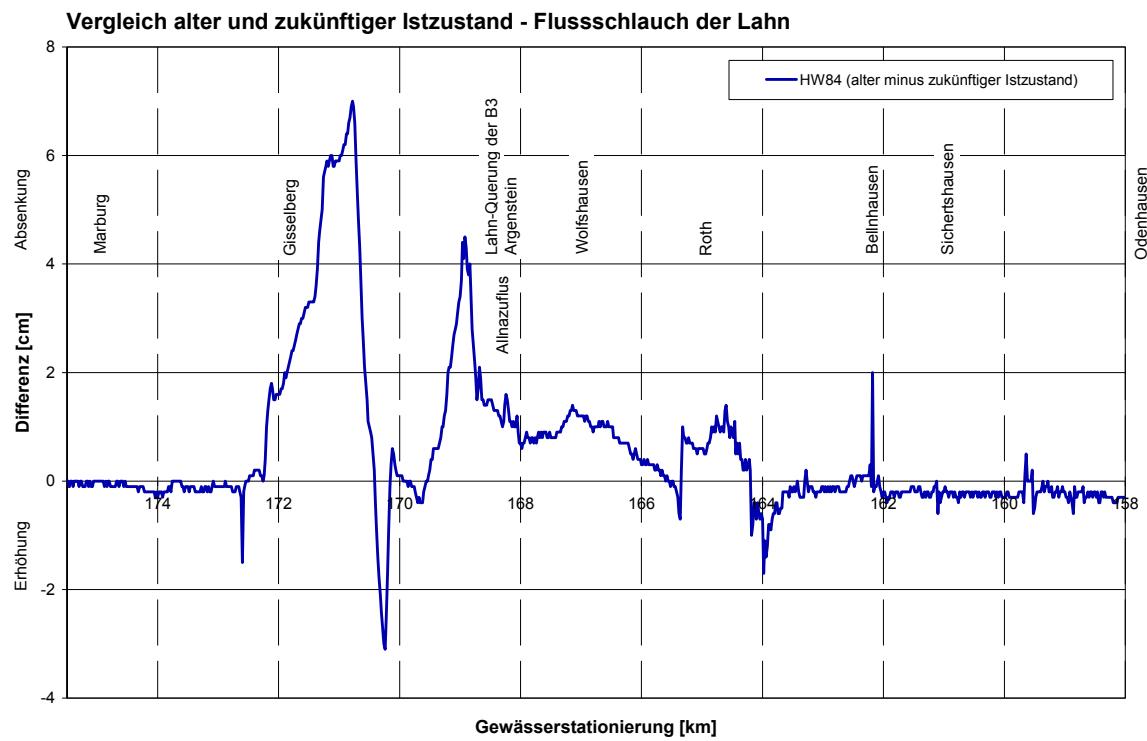


Abb. 6-4: Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW<sub>84</sub>); Längsschnitt Gewässerlauf Lahn (Marburg bis Salzböde)

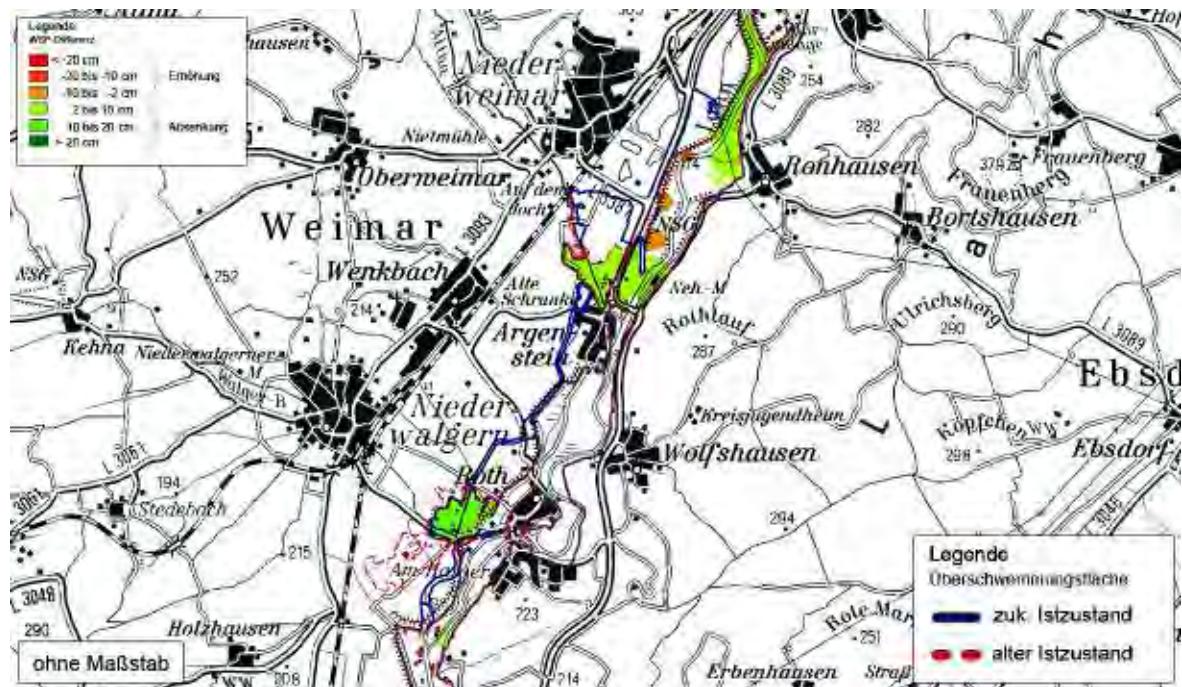


Abb. 6-5: Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW<sub>84</sub>); Fläche um Argenstein und Roth

In der Flutmulde bei Roth entstehen minimale Absenkungen des Wasserstandes, wodurch sich hier der Abfluss über die Deiche bzw. Hochwasserschutzmauern leicht verringert. Somit sind die Wassertiefen im bebauten Gebiet in der Flutmulde kleiner als im alten Istzustand. Zudem herrschen auf den landwirtschaftlichen Flächen westlich der Flutmulde nach Integration der ParAllna geringere Wasserstände vor und die K 59 wird nicht mehr überflutet.

In der Anlage A1 werden die berechneten Wasserspiegellagen entlang wesentlicher Deiche im Bereich der Ortschaften Roth und Argenstein dargestellt.

Die Scheitelreduzierung beim  $HW_{84}$  für den zukünftigen Istzustand beträgt am unteren Ende des Untersuchungsgebietes im Vergleich zum Zufluss des zweiten Modellabschnittes (Summe Pegel Marburg und Zufluss Allna)  $\Delta Q = \text{ca. } 13 \text{ m}^3/\text{s}$  und ist somit nahezu gleich der Reduzierung des alten Istzustandes. Auch der Zeitpunkt, an dem die Wellenspitze im Bereich der Salzböde ankommt, entspricht ungefähr dem des alten Zustandes (Verzögerung im Vergleich zum alten Istzustand weniger als 15 Minuten).

## 6.2 $HW_{RKH}$

Bei der Berechnung des  $HW_{RKH}$  für den zukünftigen Istzustand zeigt sich, dass auch hier aufgrund der Deichrückverlegung bei Wehrda Veränderungen im Wasserspiegel im Vergleich zum alten Istzustand zu verzeichnen sind. Der Wasserspiegel sinkt im oberstromigen Bereich der Lahnschleife und er erhöht sich im unterstromigen Bereich. Die Absenkung beträgt für dieses Ereignis ca. 50 cm und die Erhöhung ca. 25 cm. Der in seiner Höhe abgeschätzte neue Deich in der Lahnschleife nördlich der Cölber Straße wird bei diesem Abfluss (im Gegensatz zum Abflussereignis von 1984) überströmt.

Weiterhin entsteht auch bei diesem Abfluss eine Wasserspiegelabsenkung im Lahnlauf (ca. 4 cm) durch die Deichrückverlegung südlich der Cölber Straße. Allerdings erhöht sich der Wasserspiegel auf der lahnabgewandten Seite des hier neu zu erstellenden Deiches deutlich (bis zu 50 cm), da das Wasser, welches über die Cölber Straße in diesen Bereich strömt, nicht mehr wie zuvor ungehindert abfließen kann. Hierdurch kommt es zu Rückstaueffekten nach oberstrom und der Abfluss unter der Brücke (Cölber Straße) im Lahnbett selbst vergrößert sich.

Auch bei diesem Abflussszenario stellt sich eine Wasserspiegelerhöhung (in der Mitte des Lahnbettes ca. 5 cm) oberstrom der Baumaßnahmen an der Mensa ein. Dadurch resultiert u. a. nördlich der Bahnhofsbrücke eine Überflutung des vorhandenen Parkplatzes, der unter der hier aufgeständerten B 3 liegt und im alten Istzustand basierend auf den vorhandenen Daten knapp nicht überströmt wird. Aufgrund der Wasserspiegelerhöhung verlängert sich zudem die Überschwemmungsfläche für diesen Zustand hinter der Lärmschutzwand der B 3 (Stadtautobahn) bis ca. 150 m südlich der Schützenpfuhlbrücke. Die dargelegten Veränderungen im Marburger Bereich werden in Abb. 6-6 und Abb. 6-7 noch einmal grafisch wiedergegeben.

Auch südlich von Marburg bis zur Salzbödemündung ergeben sich für dieses Abflussergebnis im zukünftigen Istzustand Abweichungen im Vergleich zum alten Istzustand. Diese sind jedoch wesentlich geringer und werden in Abb. 6-8 sowie Abb. 6-9 gezeigt.

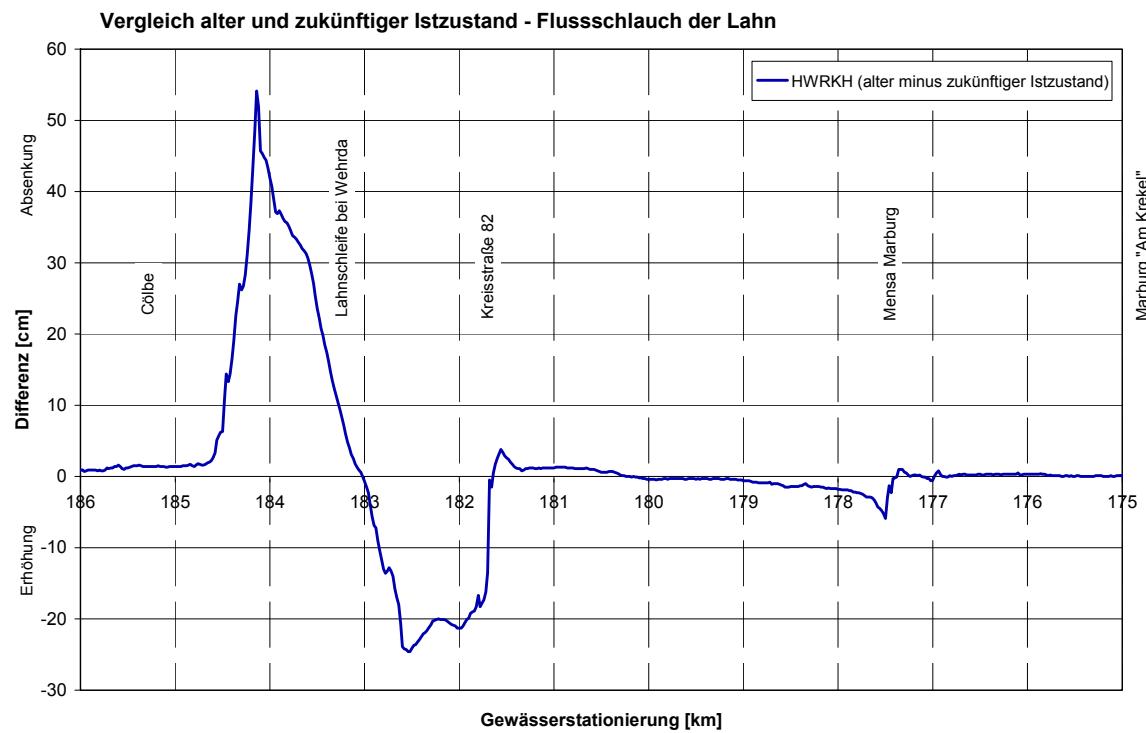


Abb. 6-6: Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW<sub>RKH</sub>) Gewässerlauf Lahn (Cölbe bis Marburg)

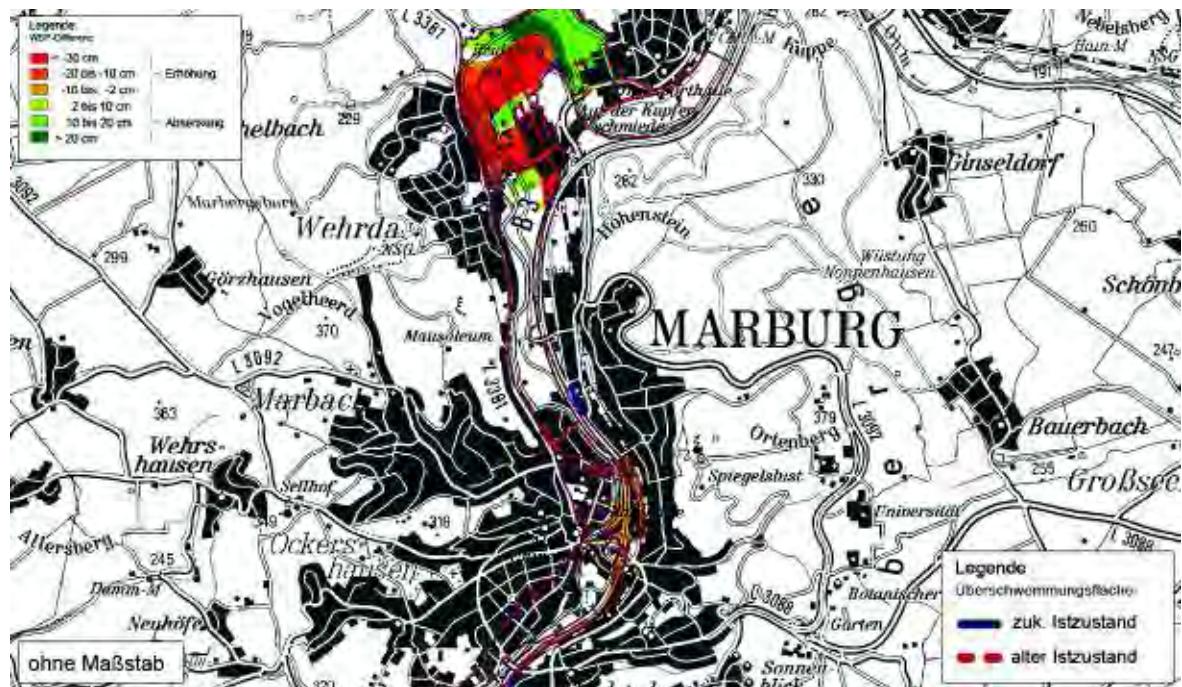


Abb. 6-7: Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW<sub>RKH</sub>) Bereich Marburg

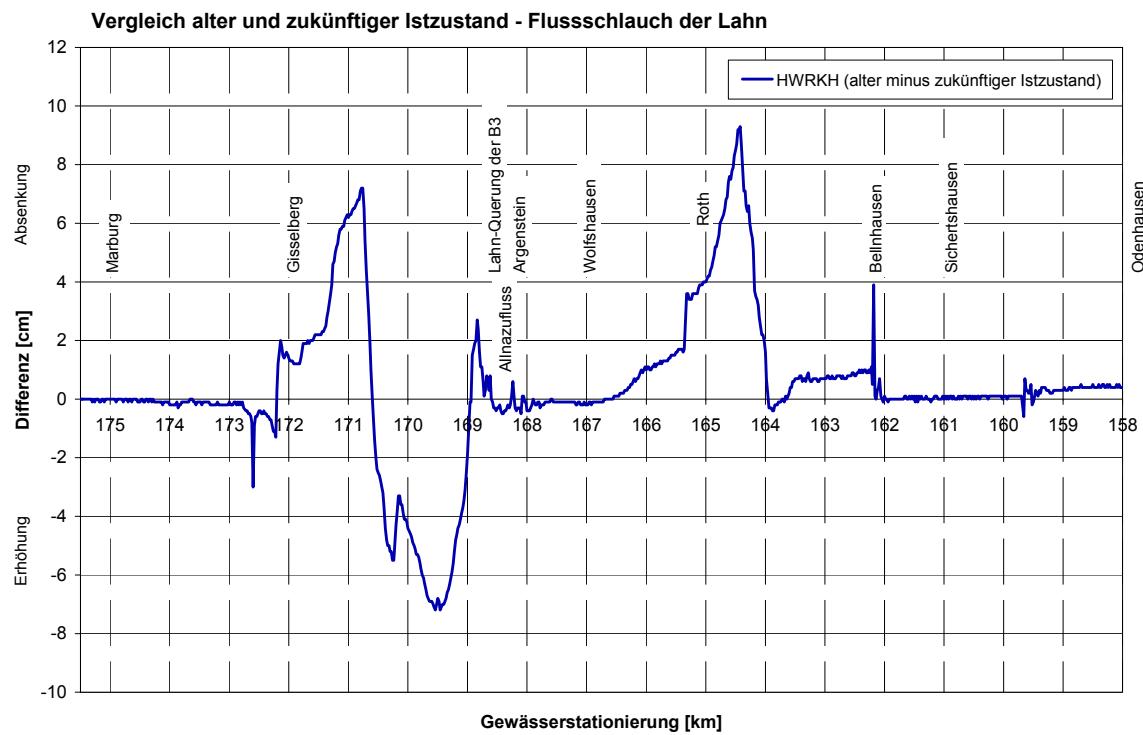


Abb. 6-8: Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW<sub>RKH</sub>) Längsschnitt Gewässerlauf Lahn (Marburg bis Salzböde)

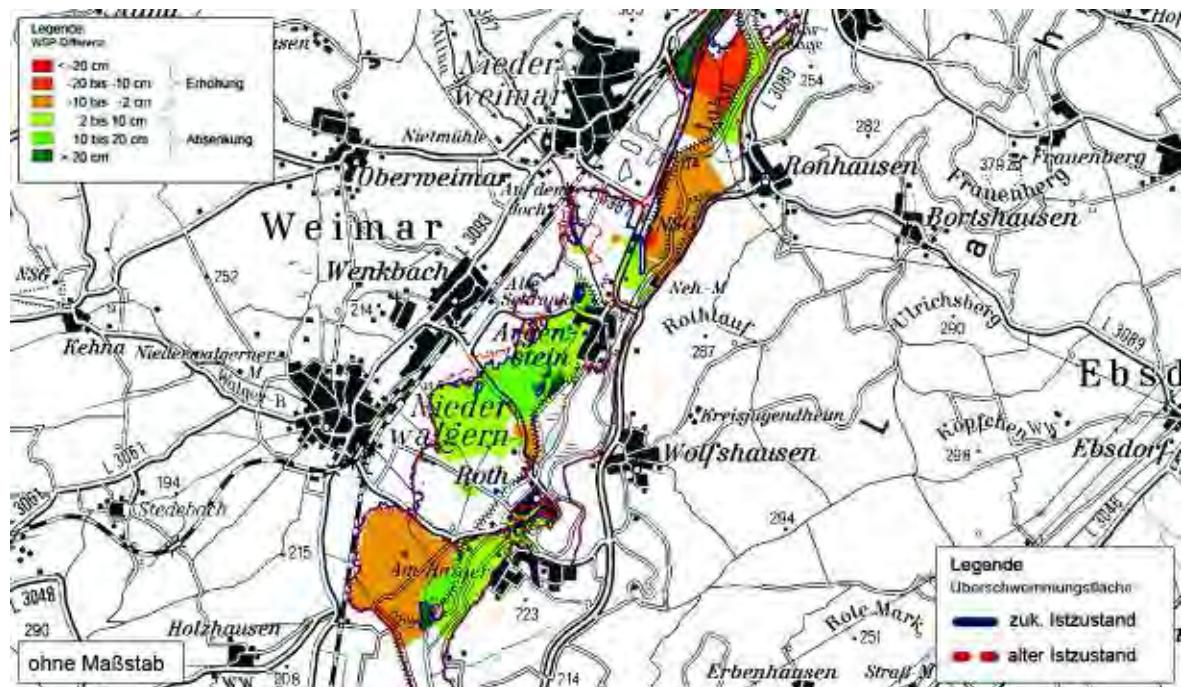


Abb. 6-9: Differenz Wasserspiegel alter und zukünftiger Istzustand (HW<sub>RKH</sub>) Fläche um Argenstein und Roth

Südlich der Steinmühle ergibt sich auch beim  $HW_{RKH}$  eine Absenkung des Wasserspiegels im Gewässerlauf der Lahn aufgrund der dort vorhandenen Deichrückverlegung. Die Anhebung des Wasserstandes oberstrom des in die Lahnaue weit hineinreichenden neuen Straßendamms ist hier im Vergleich zum Abflusseignis von 1984 höher und erstreckt sich über einen größeren Abschnitt. Im Bereich der Querung selbst sinkt die Wasserspiegellage durch den Einfluss der Flutmulde. Zudem sind noch Absenkungen im Bereich der ParAllna zwischen der Ortslage Roth und der Kläranlage Roth, im westlichen Vorland ebenfalls im Bereich der ParAllna zwischen Argenstein und Roth sowie zwischen der Bahnlinie und der B 3 bei Gisselberg zu verzeichnen. Letztere entsteht aufgrund der niedrigeren Straßenhöhen der B 3 im zukünftigen Istzustand (Achsenhöhe, Vernachlässigung Querneigung). Dadurch kann das Wasser hier schon bei einem niedrigeren Wasserstand ins Lahnbett zurückfließen. Schließlich ergeben sich nördlich und südwestlich von Roth noch Erhöhungen des Wasserstandes auf der lahnabgewandten Seite der Deiche. Weitere nennenswerte Änderungen der Wasserspiegellage bzw. Überflutungsflächen im Vergleich zum alten Istzustand (vgl. Kapitel 5) sind nicht festzustellen.

Analog zum alten Istzustand sind auch im zukünftigen Istzustand die Differenzen zwischen den Wasserständen des  $HW_{84}$  und dem  $HW_{RKH}$  im Gewässerschlauch der Lahn zwischen den Ortschaften Argenstein und Roth relativ gering. Dies wird in Abb. 6-10 dargestellt. Hierdurch wird verdeutlicht, dass die Wasserstände in dem Abschnitt, in dem der Abfluss des  $HW_{RKH}$  bis weit in das rechte Vorland hinein stattfindet, z. T. nur um 20 cm differieren.

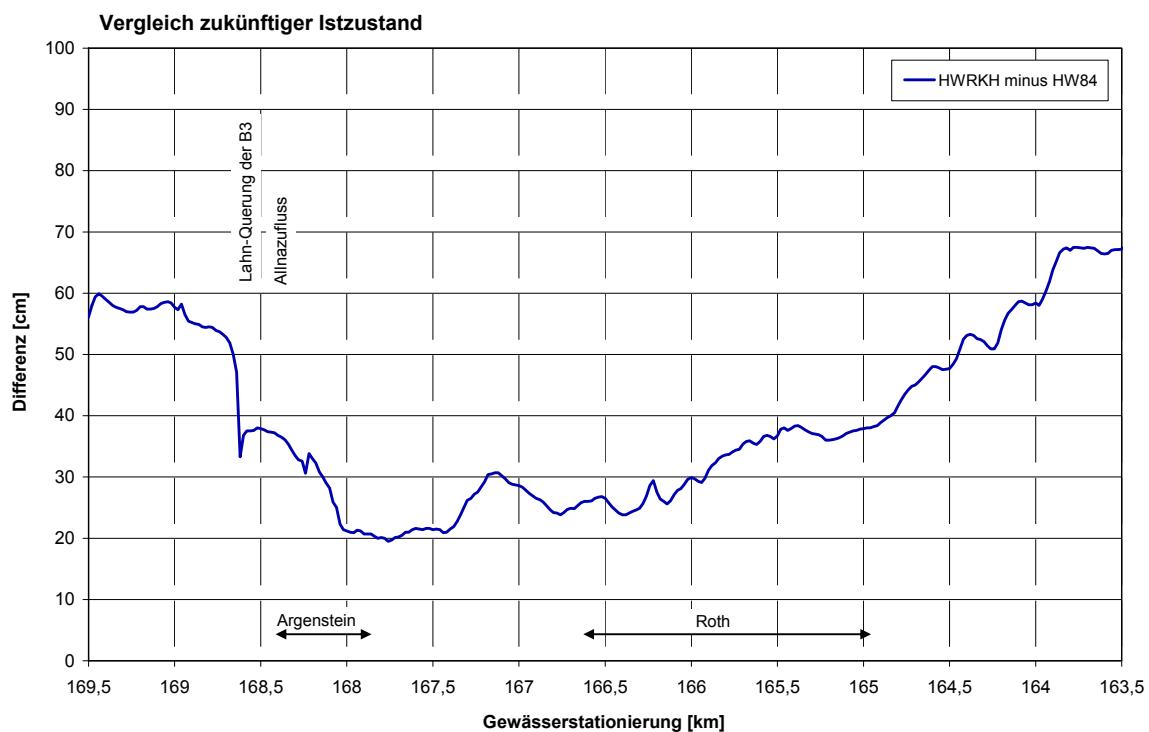


Abb. 6-10: Wasserspiegelvergleich  $HW_{RKH}$  minus  $HW_{84}$  (zuk. Istzustand)

Für dieses Abflussszenario sind die Wasserspiegellagen entlang wesentlicher Deiche im Bereich von Roth und Argenstein ebenfalls der Anlage A1 zu entnehmen.

### 6.3 HW<sub>generiert</sub>

Das Abflusssereignis HW<sub>generiert</sub> wird für die Analyse möglicher Polderstandorte herangezogen. Da sich die Anlage von Poldern nur südlich von Marburg anbietet (vgl. Kapitel 7.9), wird das HW<sub>generiert</sub> auch nur für dieses Gebiet im zukünftigen Istzustand simuliert, um einen Referenzzustand zu den Poldervarianten zu erhalten. Die Wassertiefen und Überschwemmungsflächen, die sich für dieses Szenario einstellen, werden in Abb. 6-11 gezeigt.

Der Scheitel des HW<sub>generiert</sub>, der an den Zuflussrändern des zweiten Modellabschnittes in der Summe  $Q = \text{ca. } 397 \text{ m}^3/\text{s}$  beträgt (Pegel Marburg und Zufluss Allna), hat an der Einmündung der Salzböde in die Lahn noch einen Wert von  $Q = 368 \text{ m}^3/\text{s}$ . Es vergehen ca. 6 Stunden zwischen dem Erreichen des Scheitels im südlichen Bereich von Marburg und dem Ankommen der Wellenspitze im Bereich der Salzbödemündung.

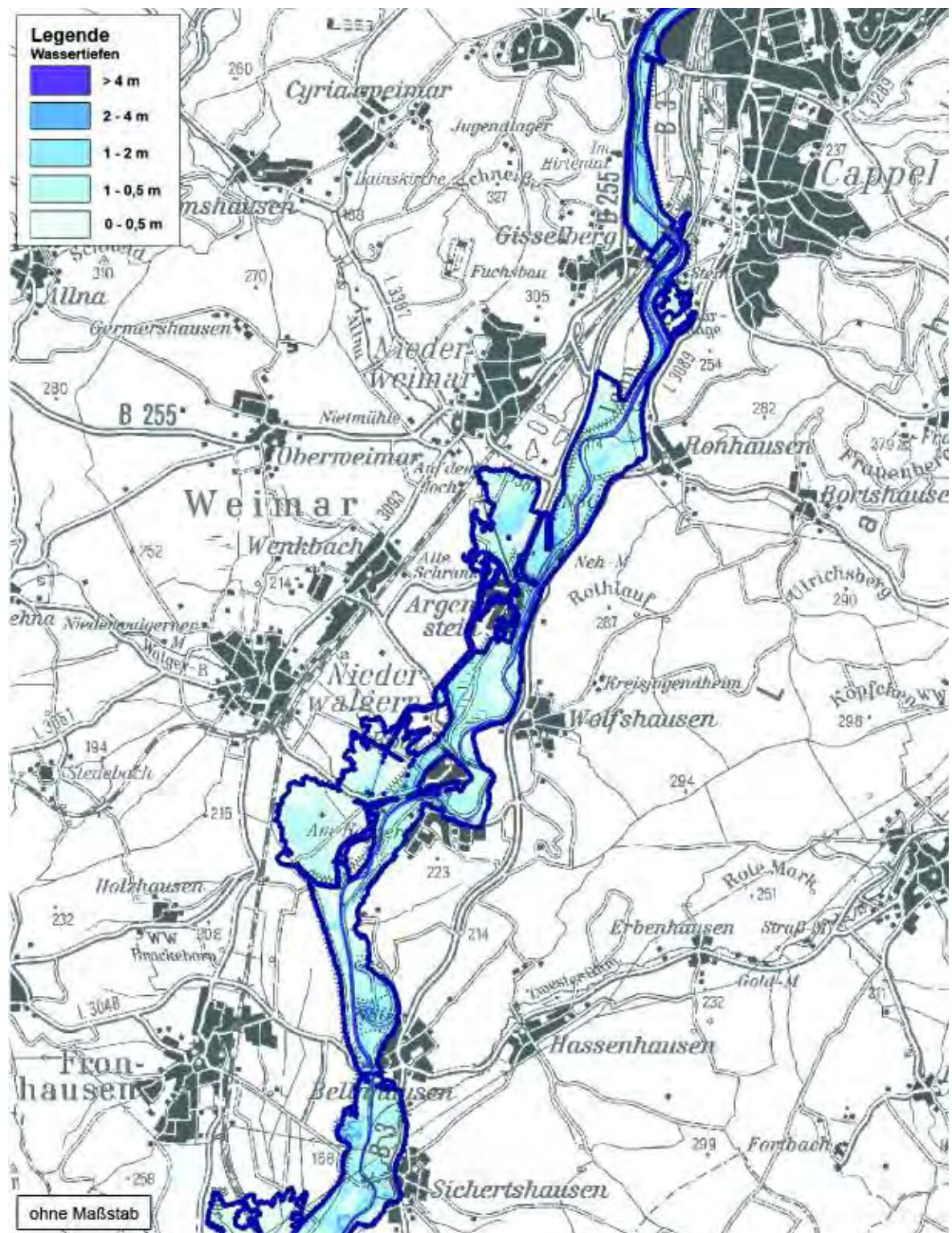


Abb. 6-11: Überschwemmungsfläche (blau umrandet) und Wassertiefen für das HW<sub>generiert</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; zukünftiger Istzustand

## 6.4 Zusätzliche Hochwasserereignisse

Ergänzend zu den bereits modellierten Abflüssen werden für den zukünftigen Istzustand die Hochwasserereignisse  $HQ_{10}$ ,  $HQ_{20}$ ,  $HQ_{50}$ ,  $HQ_{100}$  und HHQ simuliert. Der Abfluss des zu definierenden HHQ wird als das 1,3-fache des  $HQ_{100}$  angesetzt. Die hydrologische Datengrundlage der Hochwasserereignisse bildet die Pegelstatistik am Pegel Marburg (siehe Tab. 3-2). Der Wasserstand für die untere Randbedingung ist dem RKH-Modell entnommen, die Allna wird mit 4% des Abflusses der Lahn am Pegel Marburg berücksichtigt. Des Weiteren wird die Zweiteilung des Modellgebietes zur Reduktion der Rechenzeiten beibehalten.

Im Folgenden werden die berechneten Wasserspiegellängsschnitte der Hochwasserereignisse für die Bereiche zwischen Cölbe und Marburg bzw. zwischen Marburg und Salzböde dargestellt.

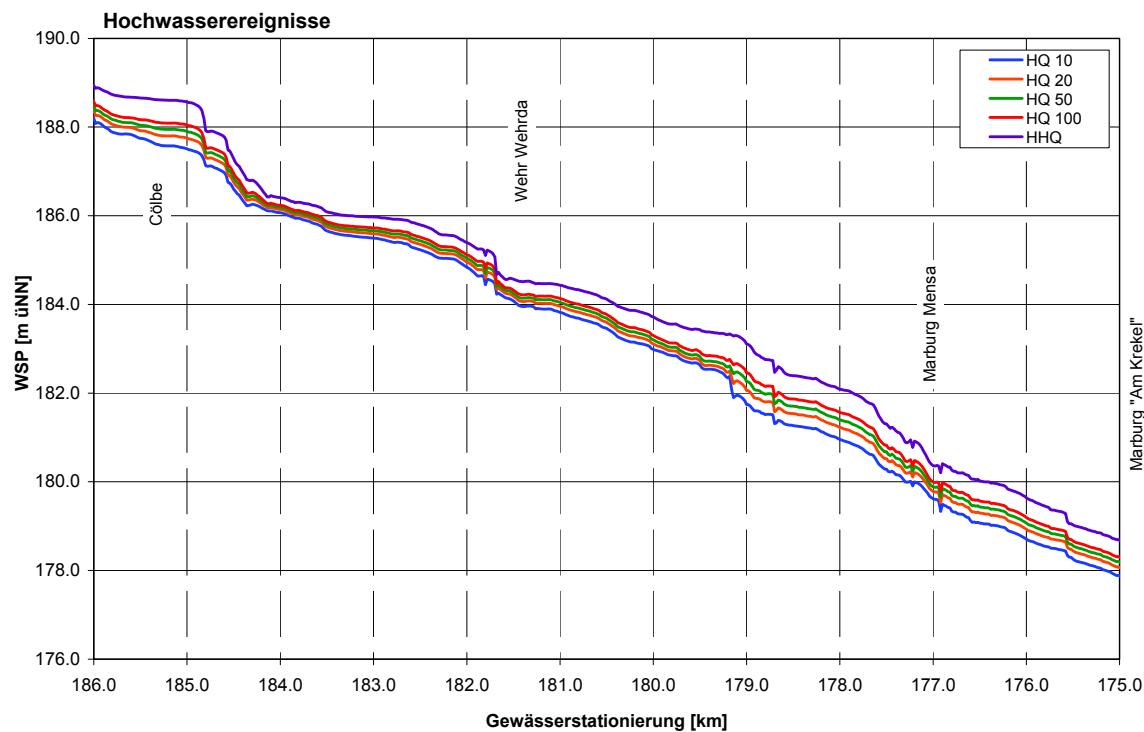


Abb. 6-12: Wasserspiegellängsschnitt der verschiedenen Hochwasserereignisse zwischen Cölbe und Marburg

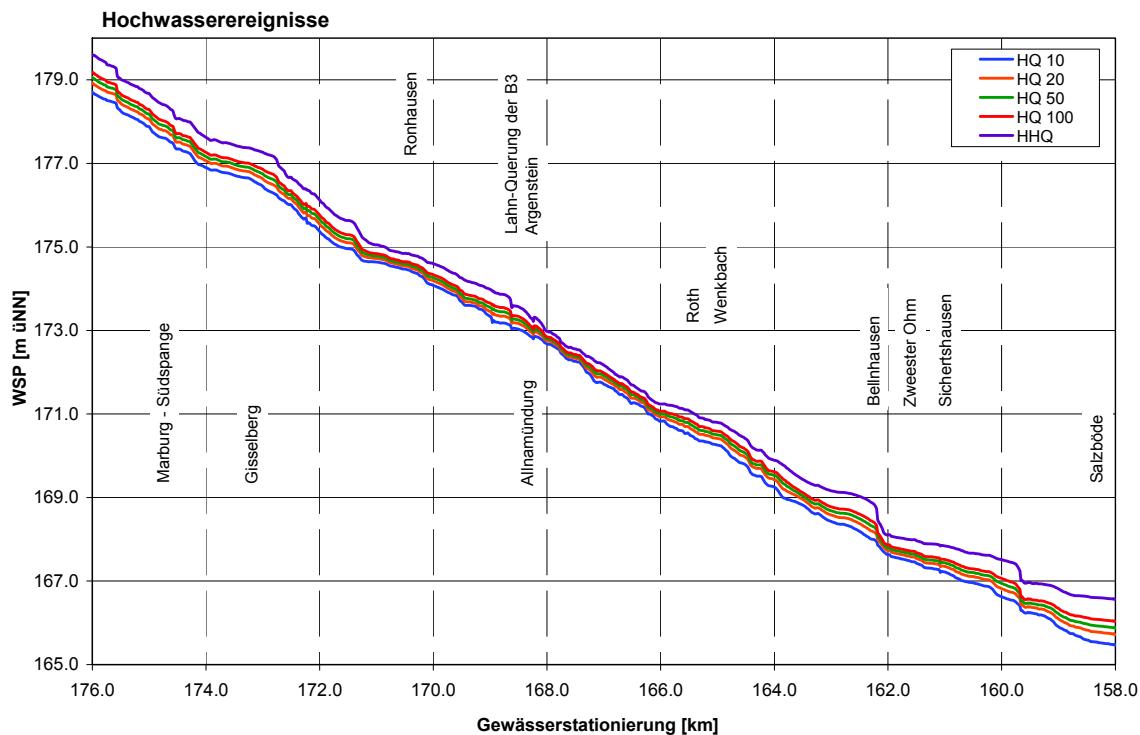


Abb. 6-13: Wasserspiegellängsschnitt der verschiedenen Hochwasserereignisse zwischen Marburg und Einmündung der Salzböde

Die Tab. 6-1 beschreibt die Ausmaße der Überschwemmungsflächen für das jeweilige Hochwasserereignis. Die Ausuferung der Überschwemmungsflächen ist mit zunehmendem Abfluss außerhalb des Stadtgebietes größer.

Tab. 6-1: Überschwemmungsflächen der jeweiligen Hochwasserereignisse

Variante [-]	Q [m³/s]	Überschwemmungsflächen		
		Cölbe - Marburg [ha]	Marburg - Salzböde [ha]	Gesamt [ha]
HQ <sub>10</sub>	240	232.3	560.1	792.4
HQ <sub>20</sub>	277	239.7	603.7	843.4
HQ <sub>50</sub>	302	243.3	627.3	870.6
HQ <sub>100</sub>	327	256.9	701.1	958.0
HHQ	425	359.8	1009.6	1369.4

Nachfolgend sind beispielhaft für das HQ<sub>10</sub> die Überflutungsflächen und Wassertiefen für das Stadtgebiet Marburg und dem südlich von Marburg gelegenen Bereich visualisiert. Auf ein Abbilden sämtlicher Hochwasserereignisse wird an dieser Stelle verzichtet. Die Simulationsergebnisse können in der Anlage A2 eingesehen werden.

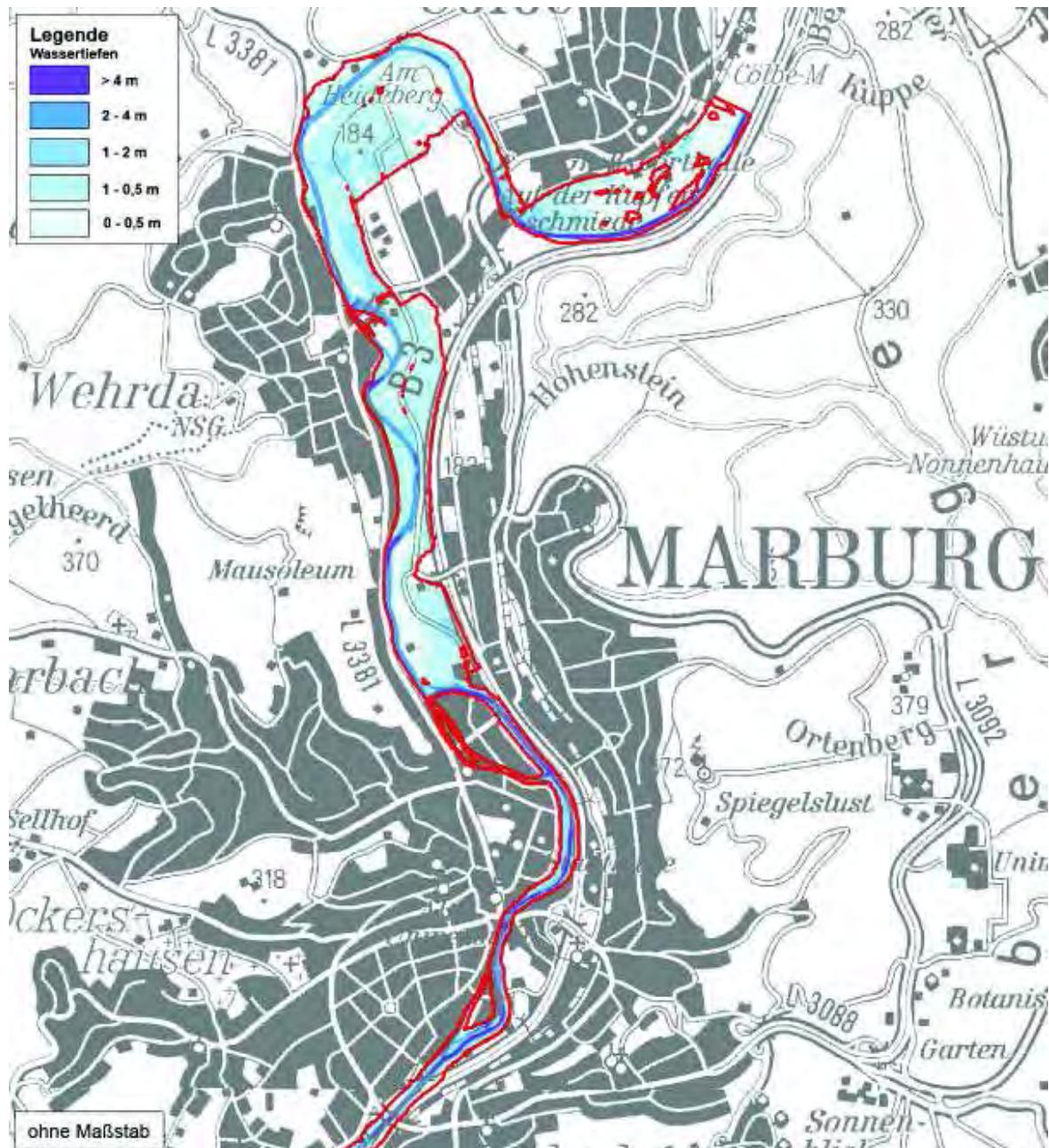


Abb. 6-14: Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>10</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; zukünftiger Istzustand

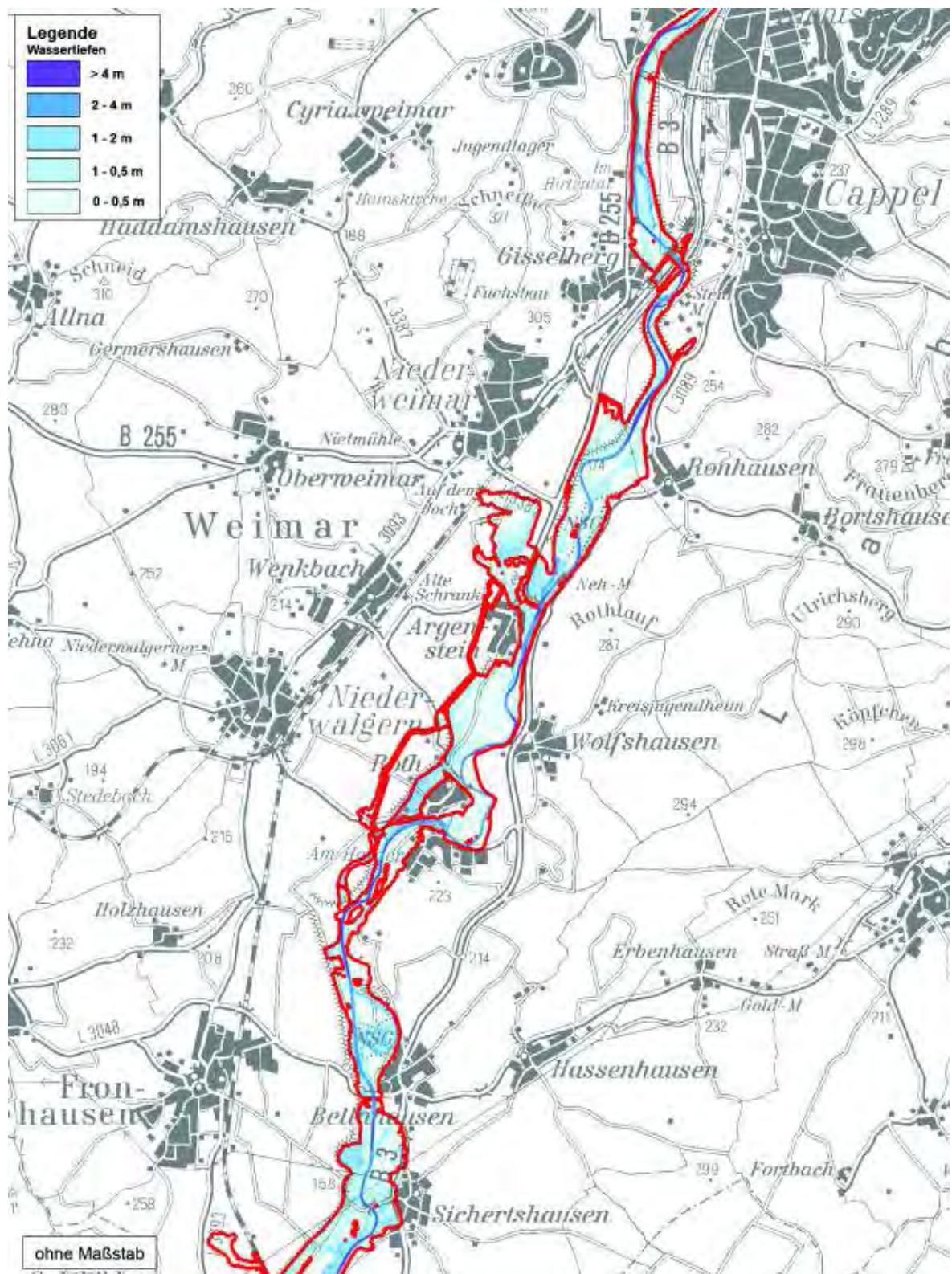


Abb. 6-15: Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>10</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; zukünftiger Istzustand

## 7 PLANUNGSVARIANTEN

### 7.1 Allgemeines

Aufbauend auf dem zukünftigen Istzustand sind in umfassenden Analysen unterschiedliche Maßnahmen in Bezug auf ihre Wirkung auf die Hochwassersituation untersucht worden. Dadurch werden prinzipielle Möglichkeiten, bei denen keine Kosteneffizienz, keine Verfügbarkeit der Grundstücke sowie keine gewässerökologischen und morphologischen Aspekte berücksichtigt wurden, aufgezeigt. Im Fokus stehen hierbei lokale Hochwasserschutzmaßnahmen für Argenstein und Roth sowie Maßnahmen zur Vergrößerung des Retentionsraumes. Tab. 7-1 enthält eine Übersicht der untersuchten Szenarien und deren Zuordnung zur Schaffung von Retentionsraum und/oder zum lokalen Hochwasserschutz.

Tab. 7-1: Übersicht Planungsszenarien

Szenario	Wirkungsweise
Szenario 1: Weitung Flutmuldenöffnung	lokaler Hochwasserschutz
Szenario 2: Weitung Gewässerbett Wehr Argenstein	lokaler Hochwasserschutz
Szenario 3: Weitung Gewässerbett Wehre Roth	lokaler Hochwasserschutz
Szenario 4: Umgestaltung Deiche nordöstlich Argenstein	Schaffung Retentionsraum + lokaler Hochwasserschutz
Szenario 5: Schleifung Deiche	Schaffung Retentionsraum + lokaler Hochwasserschutz
Szenario 6: Erhöhung Ortsdeiche	lokaler Hochwasserschutz
Szenario 7: Eindeichung südlich Argenstein	(Gewinnung zusätzlicher Baufläche)
Szenario 8: Polder	Schaffung Retentionsraum
Szenario 9: Variantenmix	Schaffung Retentionsraum + lokaler Hochwasserschutz

Die genannten Szenarien werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert. Dabei werden ihre Auswirkungen auf die Wasserstände und Überflutungsflächen im Hochwasserfall sowie ihr Einfluss auf die Hochwasserwelle (Scheitelreduzierung und Laufzeitänderung) analysiert. Zudem werden im Kapitel 7.11 wesentliche Ergebnisse der einzelnen Varianten noch einmal tabellarisch zusammengefasst.

### 7.2 Szenario 1 – Weitung Flutmuldenöffnung

Im Szenario 1 werden die Öffnungen der Flutmulde bei Roth unterhalb der K 59 aufgeweitet (vgl. Abb. 7-1 und Abb. 7-2). Dazu wird der Straßendamm am Flutmuldenende mit Ausnahme des Teilstückes, das an die bebauten Grundstücke angrenzt, abgetragen und durch ein Brückenbauwerk ersetzt. Der Fließwiderstand von eventuell neu zu erstellenden Brückenpfeilern wurde in den Modellierungen vernachlässigt.



Abb. 7-1: Luftbild Ende Flutmulde Roth (Luftbild: HVBG, 2008)

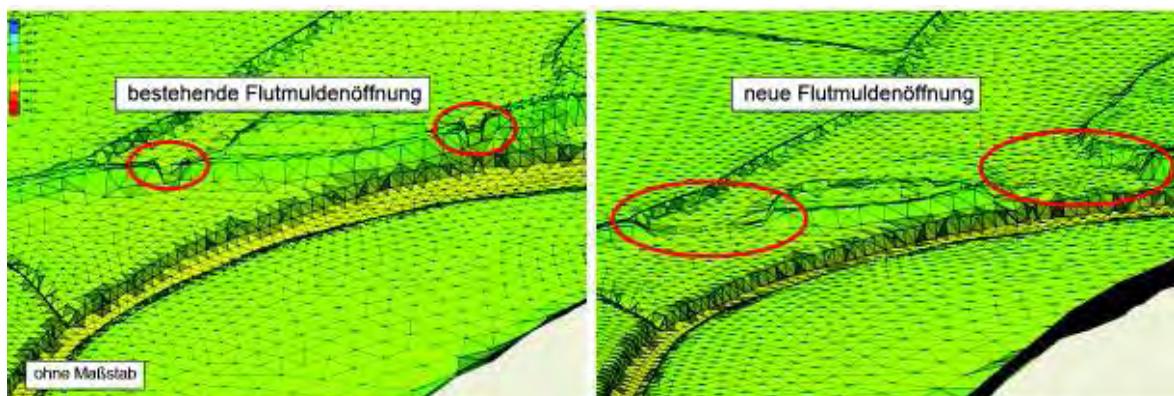


Abb. 7-2: Links: Berechnungsnetz Ende Flutmulde Roth für den zukünftigen Istzustand und rechts: Berechnungsnetz Ende Flutmulde Roth für das Szenario 1 (3-fach überhöht)

Bei dem Abfluss  $HW_{84}$  sinkt aufgrund der im Szenario 1 veränderten Geometrie der Wasserspiegel in der Flutmulde um bis zu 80 cm (vgl. Abb. 7-3) und führt somit an dieser Stelle zu einer deutlichen Entlastung der vorhandenen Deiche (Abb. 7-7 und Abb. 7-8). Im Gewässerlauf der Lahn selbst ergibt sich eine Reduzierung des Wasserstandes um bis zu ca. 10 cm (vgl. Abb. 7-5). Lediglich direkt hinter der verbreiterten Flutmuldenöffnung steigt der Wasserspiegel minimal (vgl. Abb. 7-3 und Abb. 7-5). Bzgl. der Überschwemmungsfläche gibt es jedoch nur westlich der Flutmulde eine Verkleinerung im Vergleich zum zukünftigen Istzustand.



Abb. 7-3: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 1

Bei dem Abfluss HW<sub>RKH</sub> sinkt der Wasserspiegel im Bereich der Flutmulde um bis zu 50 cm (vgl. Abb. 7-4). Dies stellt ebenfalls eine deutliche Entlastung der hier vorhandenen, in ihrer Höhe z. T. nur knapp ausreichenden Deiche dar (Abb. 7-7 und Abb. 7-8). In der Lahn selbst ergibt sich neben einem Absinken des Wasserspiegels im Zulaufbereich der Flutmulde (bis 4 cm) eine Erhöhung des Wasserstandes südlich von Roth von bis zu 12 cm (vgl. Abb. 7-4 und Abb. 7-5). Diese wird durch das gesteigerte Leistungsvermögen der Flutmulde ( $\Delta Q = \sim 85 \text{ m}^3/\text{s}$ ; siehe Abb. 7-4), das mit einem geringeren Abfluss im weiter westlich liegenden Vorland einhergeht ( $\Delta Q = \sim 75 \text{ m}^3/\text{s}$ ; siehe Abb. 7-4), hervorgerufen. Dadurch wiederum ergibt sich ein größerer Durchfluss durch den Gewässerlauf der Lahn unterstrom Roth, was dort und aufgrund von Rückstaueffekten auch ein paar hundert Meter weiter oberstrom zu erhöhten Wasserständen führt. Basierend auf den vorliegenden Daten besitzt der südliche Bereich des Deiches östlich von Roth trotz der Erhöhung des Wasserstandes jedoch immer noch einen Freibord von ca. 30 cm (Abb. 7-9). Eine Ausnahme stellt das Teilstück des Deiches zwischen der Mühle und der K 59 dar. Dieser Abschnitt wird jedoch auch schon im zukünftigen Istzustand beim HW<sub>84</sub> überströmt, so dass hier ohnehin die Empfehlung einer Deicherhöhung besteht. Des Weiteren reicht der kurze tiefer gelegene Abschnitt der Hochwasserschutzmauer oberstrom der Mühle in seiner Höhe nur knapp aus. Daher wäre auch hier eine Erhöhung zu empfehlen, zumal auch im Istzustand der vorhandene Freibord (beim HW<sub>RKH</sub>) nur ca. 10 cm beträgt.

Die Lage der in diesem und den in nächsten Kapiteln dargestellten Deichlängsschnitte wird in Abb. 7-6 dargestellt. Da aufgrund der vorliegenden Daten die Verbreiterung der Flutmuldenöffnung bei Roth eine deutliche Hochwasserentlastung im Flutmuldenbereich mit sich bringt und sich nur für den Fall eines HW<sub>RKH</sub> ein nicht schadhafter Anstieg des Wasserstandes im Lahnlauf (bei Erhöhung des Deiches zwischen Mühle und K 59 sowie ggf. eines kleinen Teils der Hochwasserschutzmauer oberstrom der Mühle) ergibt, wird diese Verbreiterung im später dargestellten Variantenmix (vgl. Kapitel 7.10) berücksichtigt.



Abb. 7-4: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>RKH</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 1

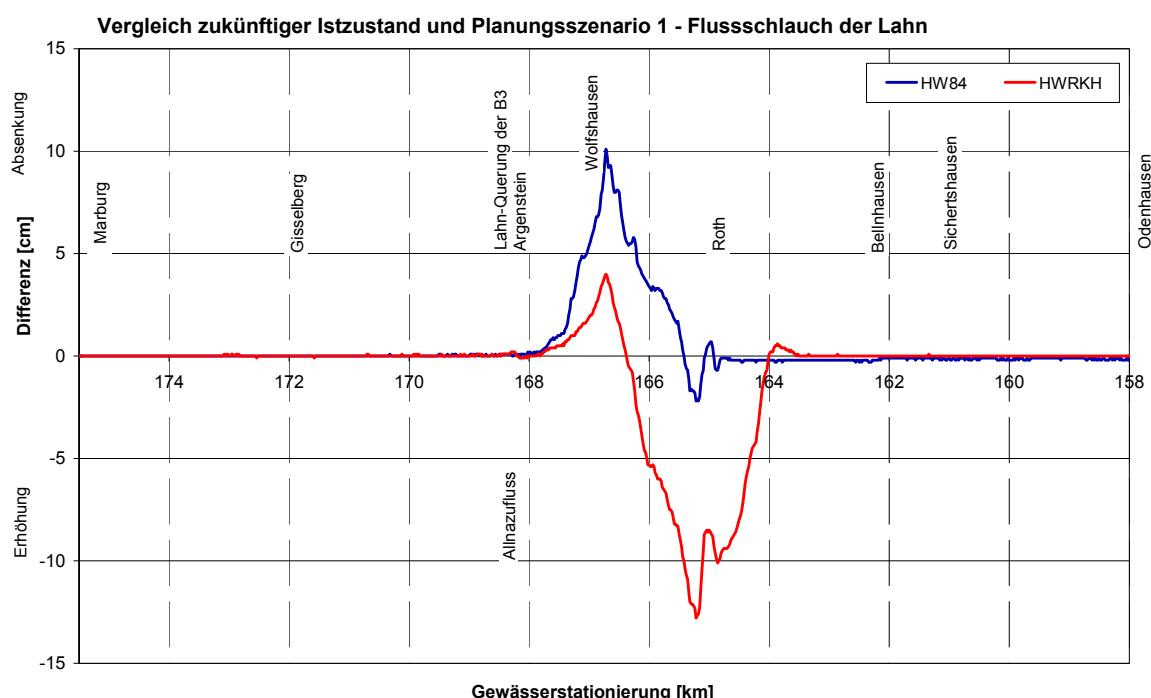


Abb. 7-5: Längsschnitt der Differenzen der Wasserspiegel in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 1



Abb. 7-6: Übersicht der Deiche von Argenstein bis Roth

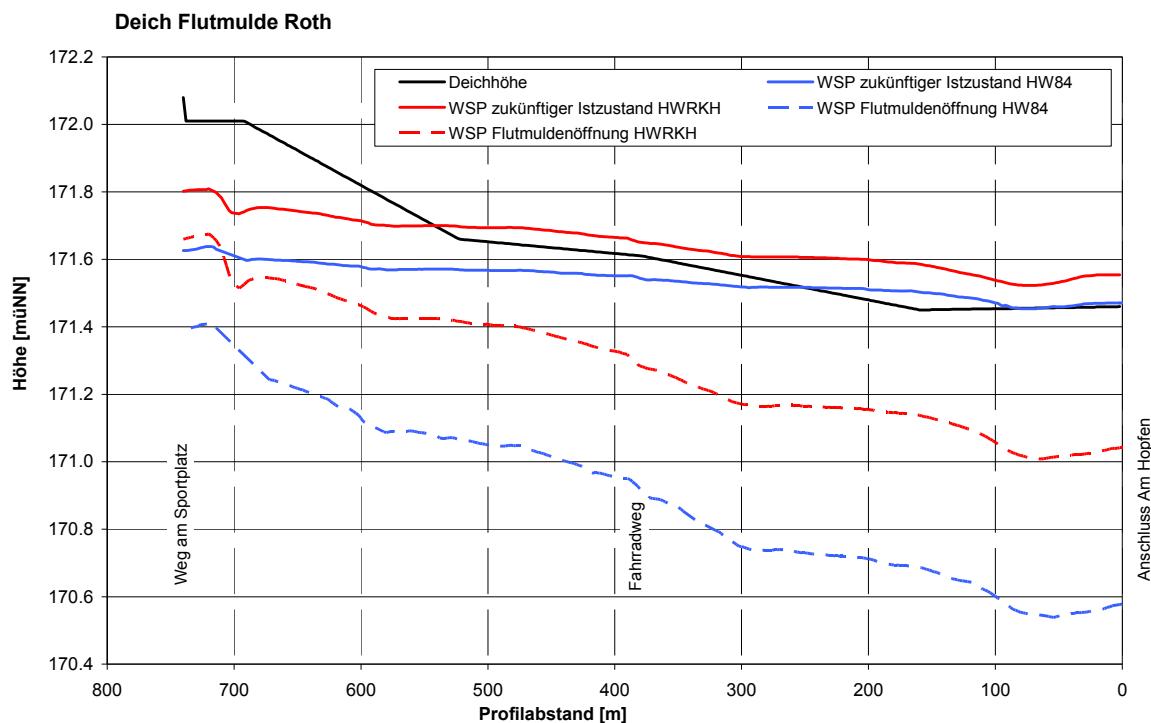


Abb. 7-7: Wasserspiegellängsprofil am Deich westlich der Flutmulde Roth (Veränderungen durch Szenario 1)

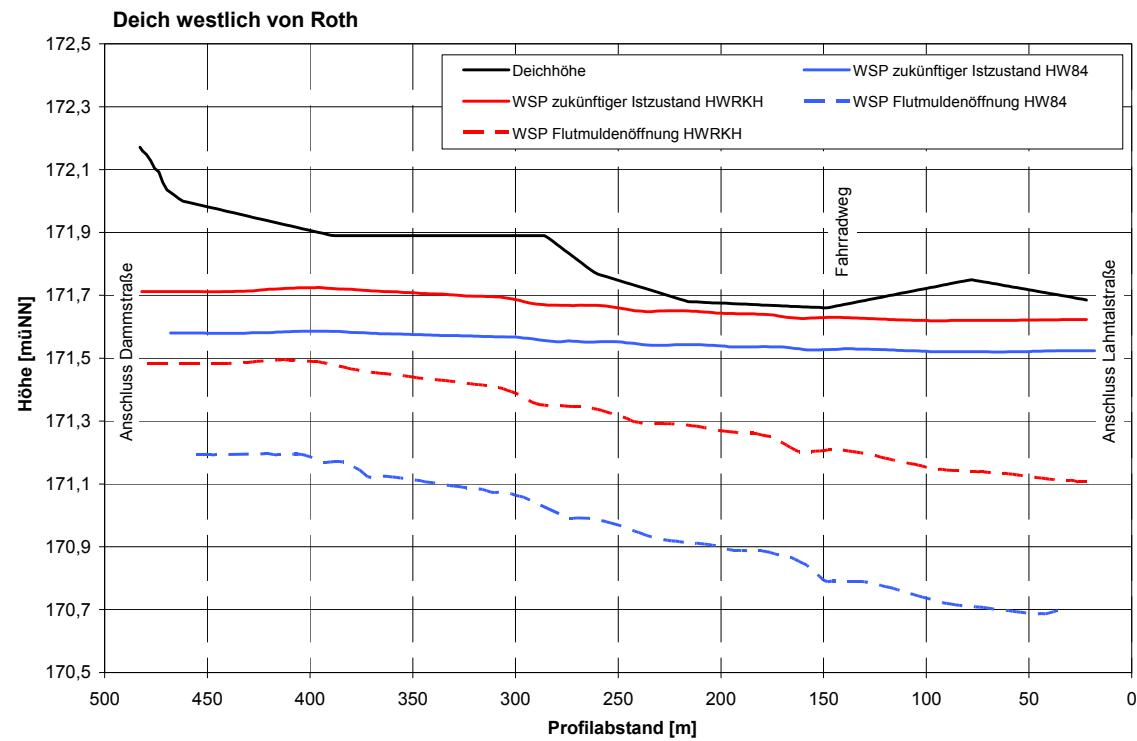


Abb. 7-8: Wasserspiegellängsprofil am Deich westlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 1)

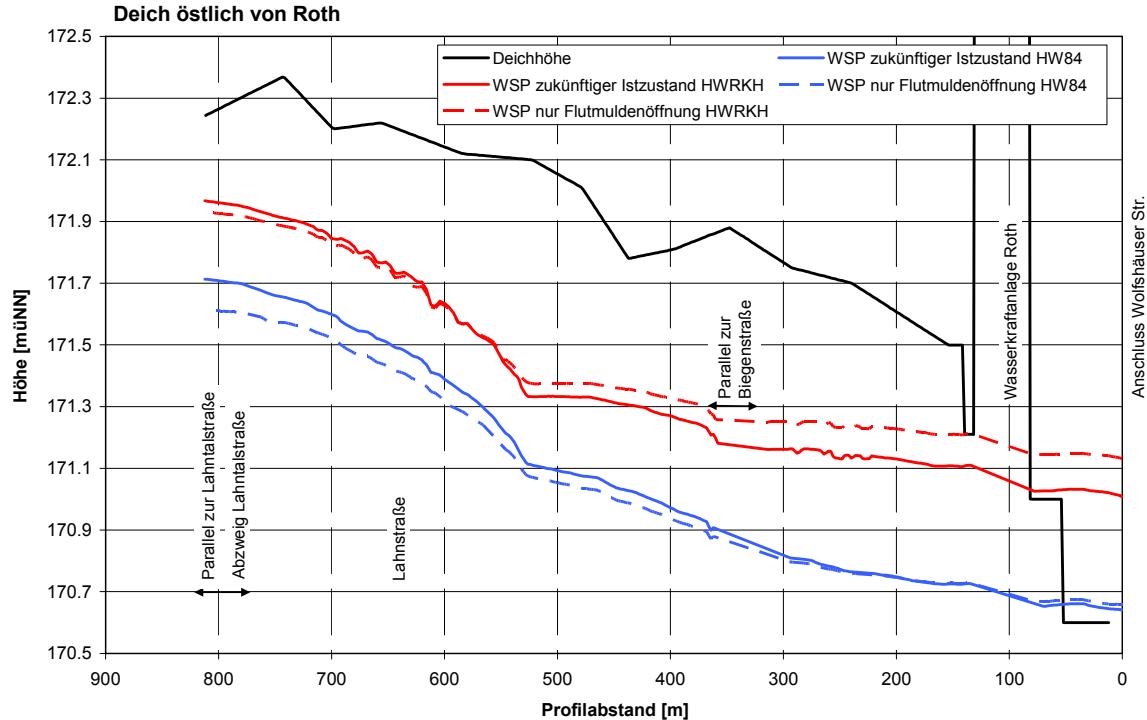


Abb. 7-9: Wasserspiegellängsprofil am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 1)

Das Szenario 1 hat gemäß den Berechnungsergebnissen für das HW<sub>84</sub> keinen Einfluss auf den Wellenscheitel und den Abfluss der Hochwasserwelle.

### 7.3 Szenario 2 – Weitung Gewässerbett Wehr Argenstein

Im Szenario 2 wird das Flussbett unterstrom des Wehres bei Argenstein, welches in Abb. 7-10 dargestellt ist, aufgeweitet. Hierzu wird der verlandete Bereich im Gewässerbett ausgehoben und ein Teil der Insel zwischen dem Mühlgraben und der Lahn abgetragen. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in den durchgeföhrten Untersuchungen weder morphologische Prozesse noch gewässerökologische Aspekte berücksichtigt wurden. Im Fokus stehen somit die hydraulischen Wirkungszusammenhänge. Dadurch kann keine Aussage über die Dauer der Wirkungsweise dieser Maßnahme getroffen werden (Wiederverlandung). Wenn bei bestimmten Verlandungszuständen jedoch Baggermaßnahmen durchgeföhrte würden, dann würde die im Folgenden beschriebene Wirkungsweise unabhängig von der Zeit erreicht werden. Die Veränderungen im Berechnungsnetz im Bereich des Wehres in Argenstein werden in der Abb. 7-11 deutlich.



Abb. 7-10: Luftbild Wehr Argenstein (Luftbild: HVBG 2008)

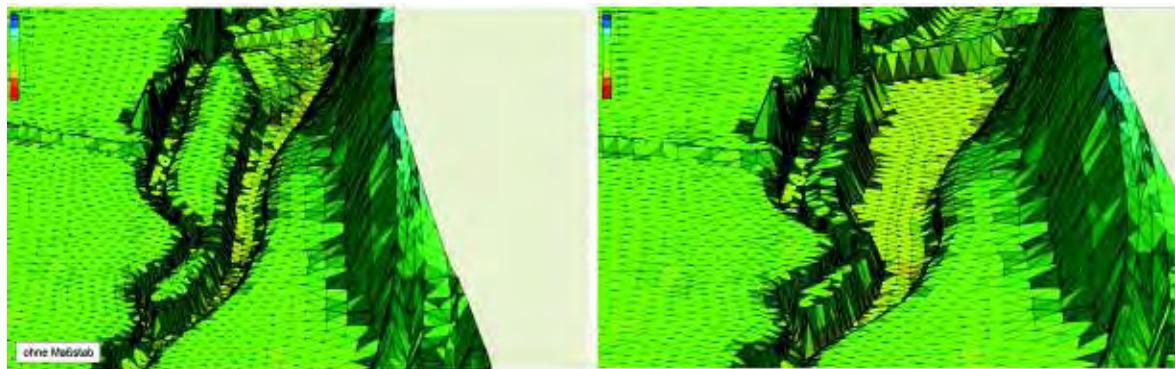


Abb. 7-11: Links: Wehr Argenstein – zukünftiger Istzustand und rechts: Wehr Argenstein – Szenario 2 (überhöhte Darstellung)

Es ergibt sich durch diese Variante unterstrom des Wehres für den nordöstlichen Bereich der Ortschaft Argenstein eine deutliche Entlastung im Hochwasserfall. In der Spitze reduziert sich der Wasserspiegel beim  $HW_{84}$  um ca. 25 cm und beim  $HW_{RKH}$  um ca. 30 cm (vgl. Abb. 7-12). Unterstrom von Argenstein ist jedoch beim  $HW_{RKH}$  ein Anstieg des Wasserstandes von max. 10 cm (entlang des südlichen Ortsdeiches in der Regel 6 cm), der sich bis zur Ortschaft Roth auf max. 4 cm verringert, festzustellen. Dieser ergibt sich u. a. aufgrund eines leicht erhöhten Abflusses im Lahnbett selbst (und der damit einhergehenden Reduzierung des Abflusses im Vorland,  $\Delta Q = \sim 30m^3/s$ ) (vgl. Abb. 7-18). Da die Aufweitung für den nordöstlichen Bereich von Argenstein, wo die Deiche z. T. im zukünftigen Istzustand überströmt werden (vgl. Abb. 7-13 und Abb. 7-14), eine Hochwasserentlastung mit sich bringt, wird diese Aufweitung im Szenario 9 weiter verfolgt. Die sich nur für den Fall eines  $HW_{RKH}$  einstellende Erhöhung des Wasserstandes erfolgt bei Argenstein nur entlang des südlichen Ortsrandes. Hier liegt basierend auf den zur Verfügung stehenden Daten jedoch noch ein Freibord von mind. 30 cm vor, so dass diese Erhöhung im Zusammenhang mit der Verbesserung der Hochwassersituation weiter oberstrom akzeptabel ist. Zudem wird, wie in den folgenden Kapiteln aufgezeigt wird, durch Kombination mit anderen Maßnahmen die Erhöhung des Wasserstandes bei Roth im Vergleich zum zukünftigen Istzustand (vgl. Abb. 7-15 und Abb. 7-16) beim  $HW_{RKH}$  verringert bzw. beseitigt.

Um einen Eindruck der flächigen Auwirkungen des Szenarios 2 zu bekommen, werden in Abb. 7-17 und Abb. 7-18 für beide Abflüsse die Überschwemmungsflächen und Differenzen der Wasserspiegel im Vergleich zum zukünftigen Istzustand dargestellt. Man erkennt, dass die Aufweitung unterstrom des Wehres in Argenstein eine deutliche Entlastung im Mündungsbereich der Allna mit sich bringt.

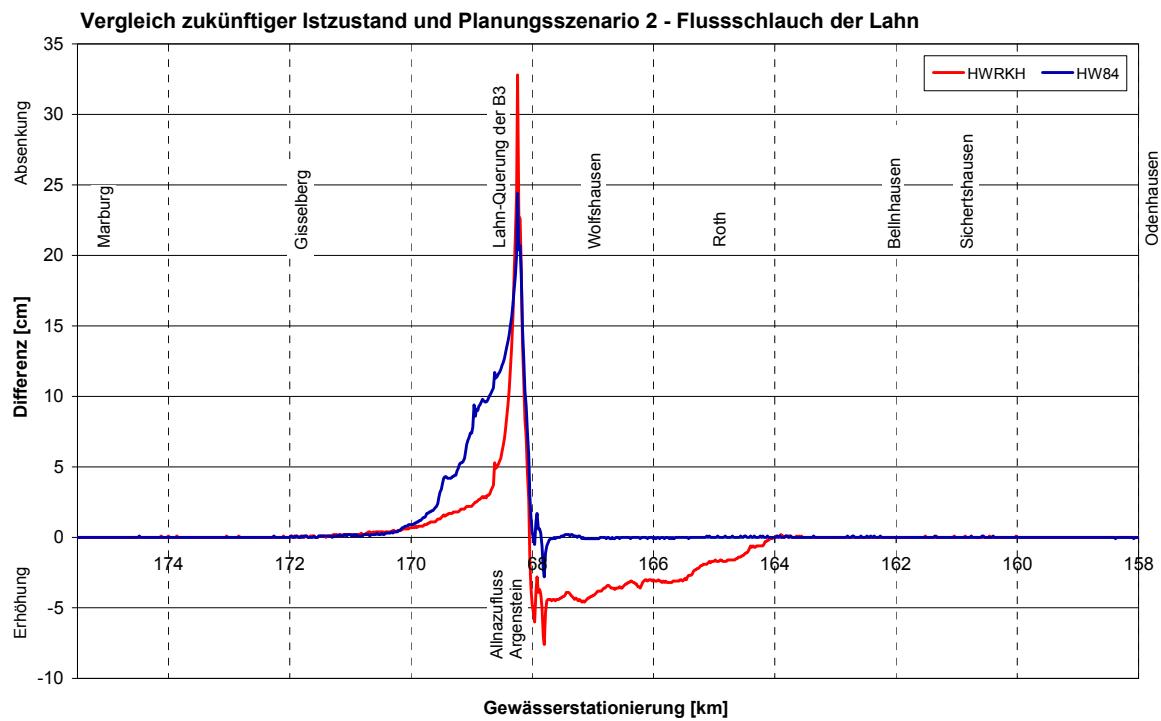


Abb. 7-12: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 2

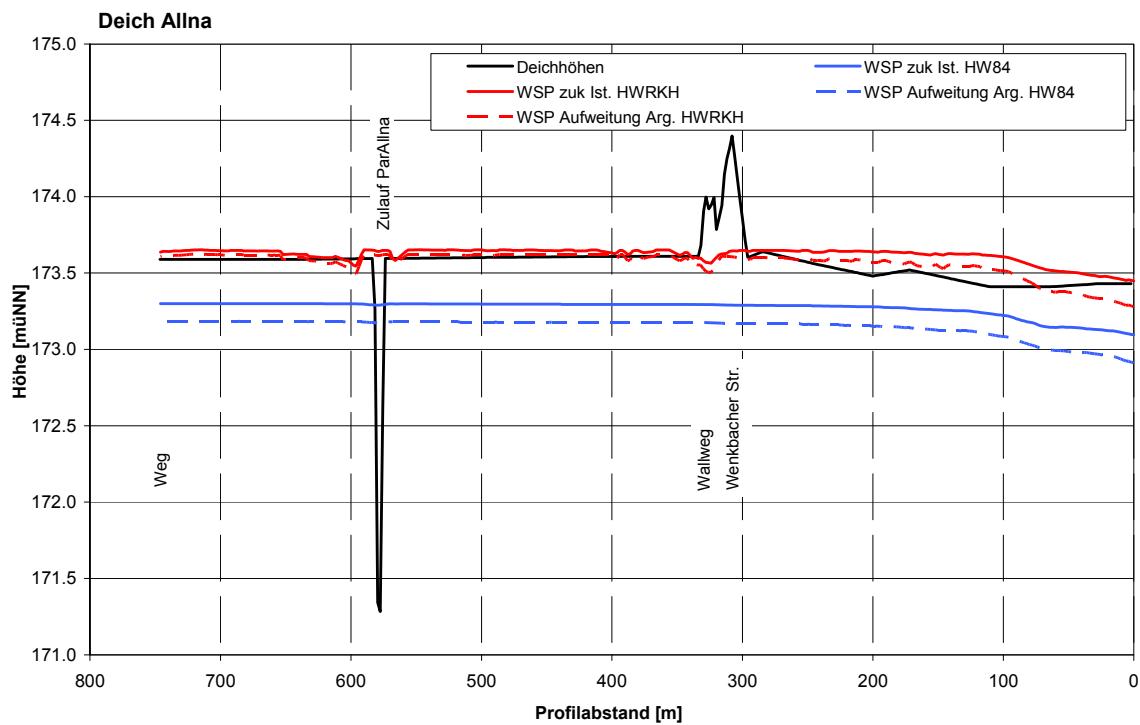


Abb. 7-13: Wasserspiegellängsschnitt am Deich Allna (Veränderungen durch Szenario 2)

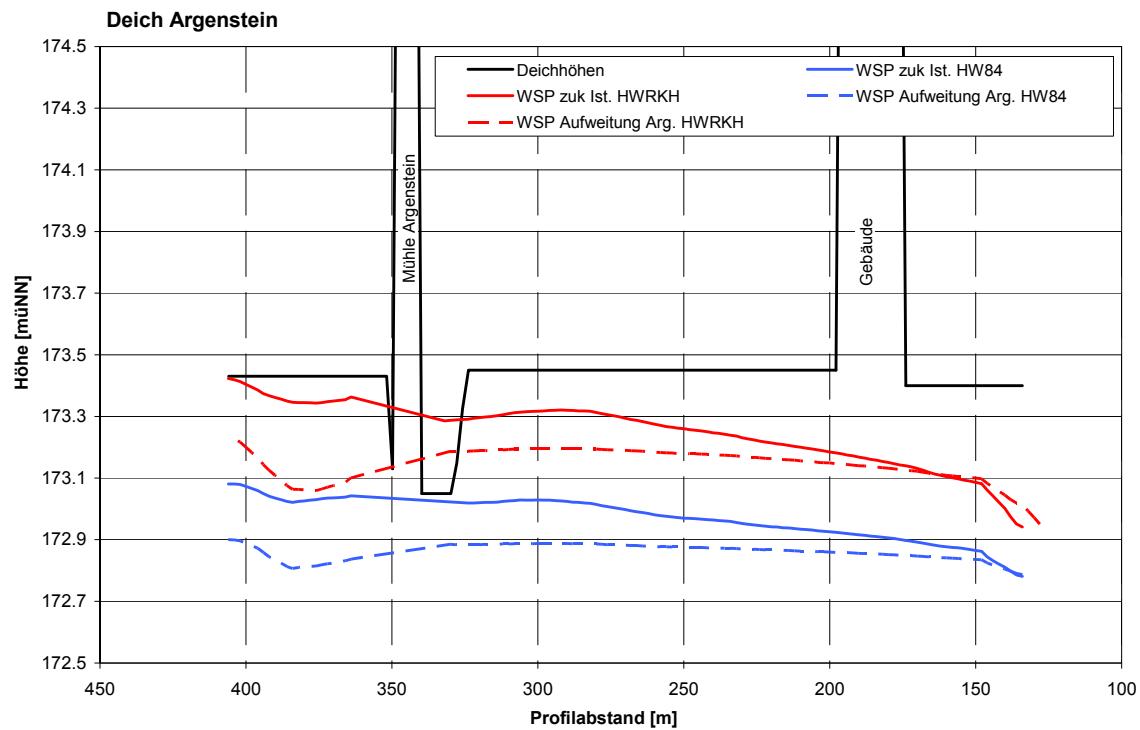


Abb. 7-14: Wasserspiegellängsschnitt am Deich Argenstein (Veränderungen durch Szenario 2)

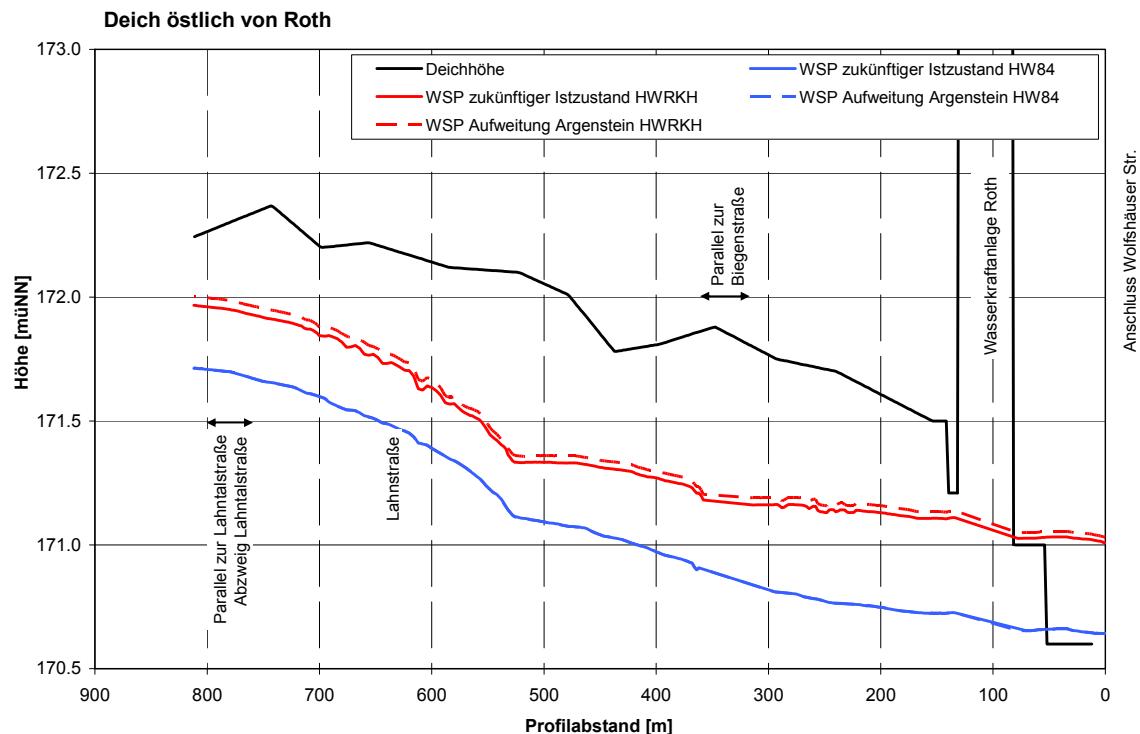


Abb. 7-15: Wasserspiegellängsschnitt am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 2)

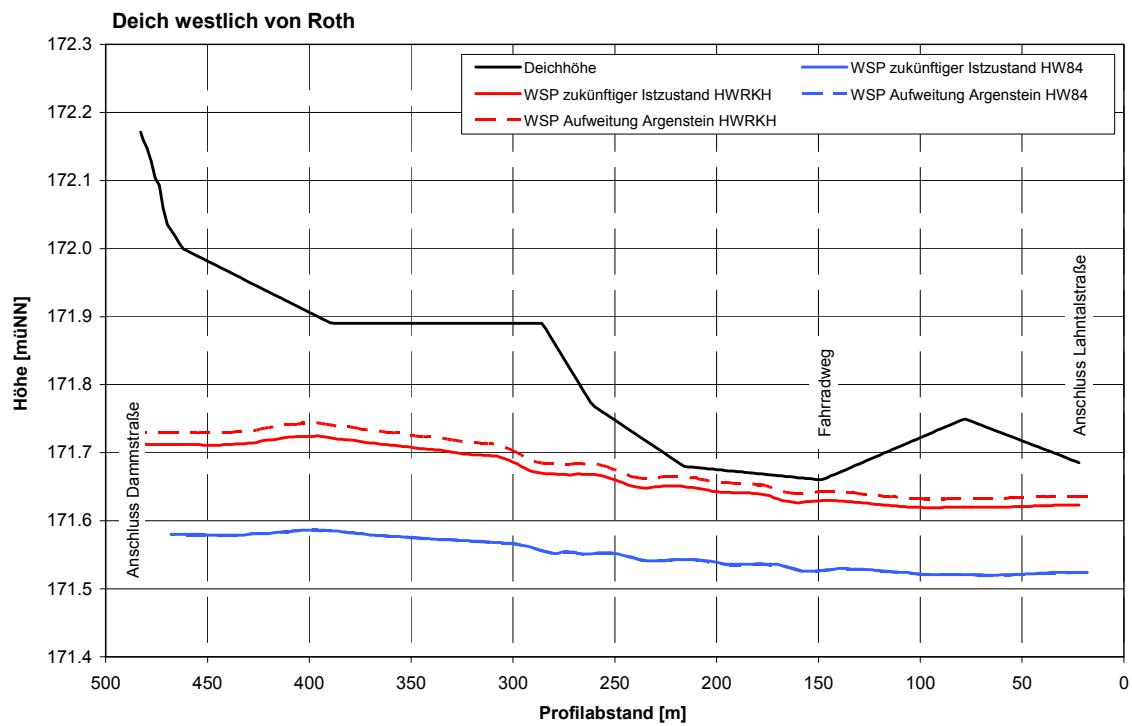


Abb. 7-16: Wasserspiegellängsschnitt am Deich westlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 2)

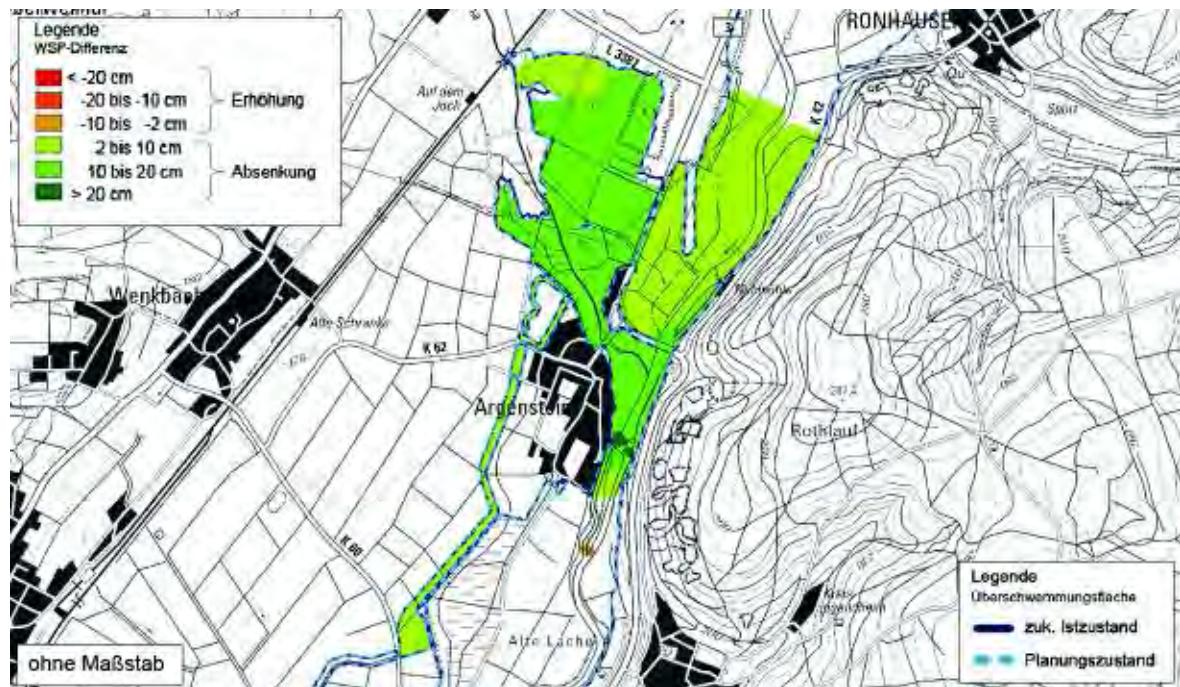


Abb. 7-17: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 2

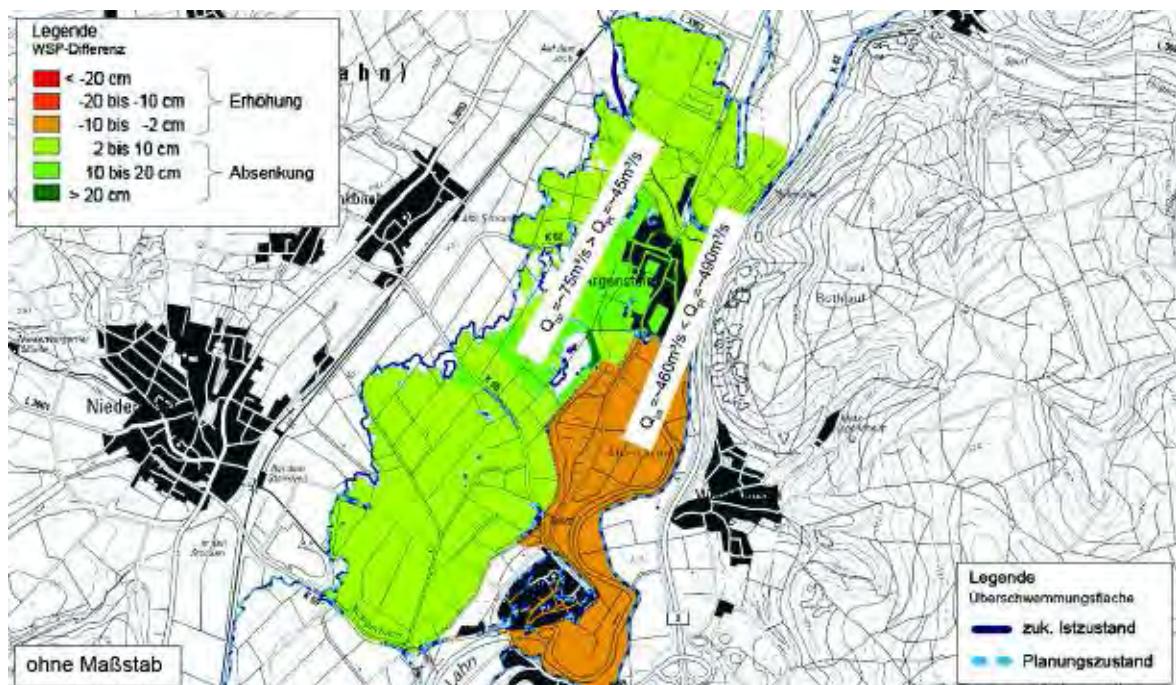


Abb. 7-18: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>RKH</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 2

Bei Simulation des HW<sub>84</sub> ergibt sich für dieses Szenario in Bezug auf die Abflussganglinie keine merkbare Veränderung am unteren Rand des Untersuchungsgebietes.

#### 7.4 Szenario 3 – Weitung Gewässerbett Wehre Roth

Im Szenario 3 wird der Bereich unterstrom der Wehre in Roth, die in Abb. 7-19 gezeigt werden, aufgeweitet. Zudem wird hier im HN-Modell der Stricklerwert hochgesetzt, was gleichbedeutend mit der Entfernung der vorhandenen Verbuschung ist. Auch an dieser Stelle wird noch einmal darauf hingewiesen, dass keine morphologischen und gewässerökologischen Betrachtungen vorgenommen wurden. Somit werden keine Aussagen über eine erneute Verlandung und die Auswirkungen auf Flora und Fauna in diesem Bereich gemacht. Die Veränderungen unterstrom des Wehres werden in Abb. 7-20 grafisch dargestellt. Vom zukünftigen Istzustand sind die Berechnungsnetzknotenpunkte teilweise bis zu 2,5 – 3 m herab gesetzt worden, um den Zustand des Szenarios 3 zu erhalten. Die Abgrabungen erstrecken sich von dem Bereich der Wehre bis kurz oberstrom der Mündung des Wenkbachzuflusses in die Lahn, wo jedoch nur noch wenige Zentimeter abgetragen werden.



Abb. 7-19: Luftbild vom Wehr in Roth (Luftbild: HVBG 2008)



Abb. 7-20: Links: Wehr Roth – zukünftiger Istzustand und rechts: Wehr Roth – Szenario 3 (überhöhte Darstellung)

Durch die Aufweitung des Gewässerbettes der Lahn unterstrom der Wehre bei Roth (inkl. Entfernung der Verbuschung) kann der Wasserspiegel südöstlich von Roth bis maximal 10 cm abgesenkt werden. Diese Absenkung wird in den Längsschnitten der Wasserspiegeldifferenzen zum zukünftigen Istzustand sowie in der Darstellung der Wasserspiegellagen am Deich östlich von Roth (Abb. 7-22) deutlich.

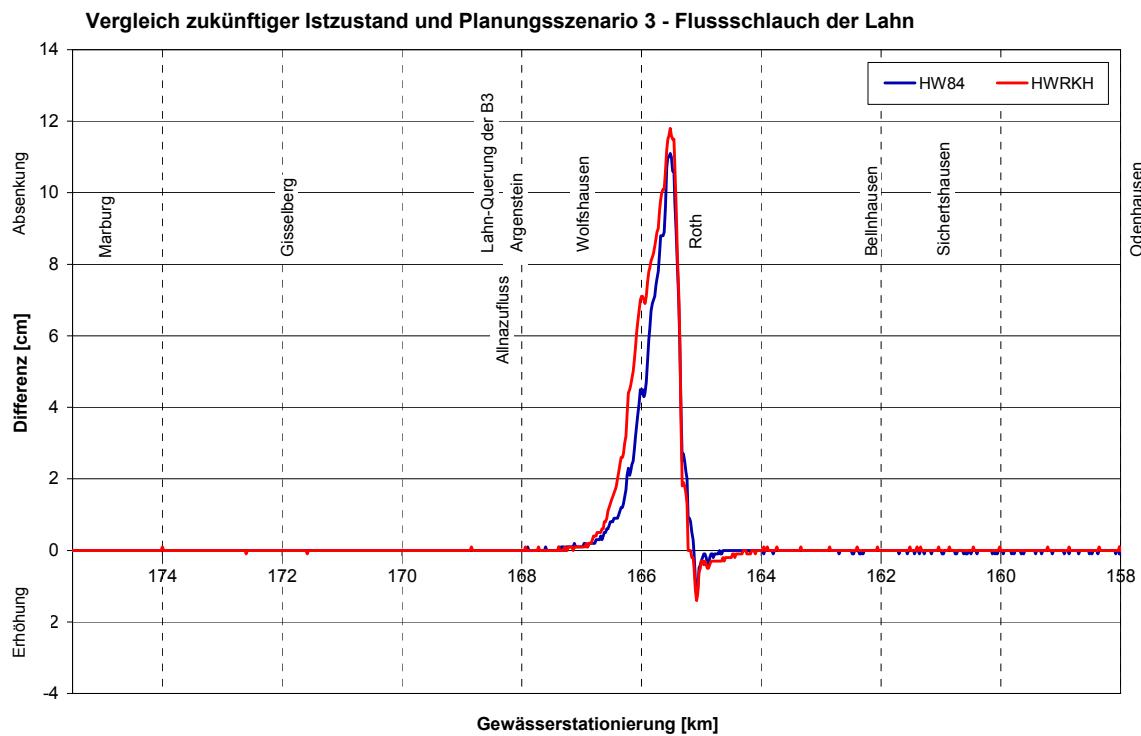


Abb. 7-21: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 3

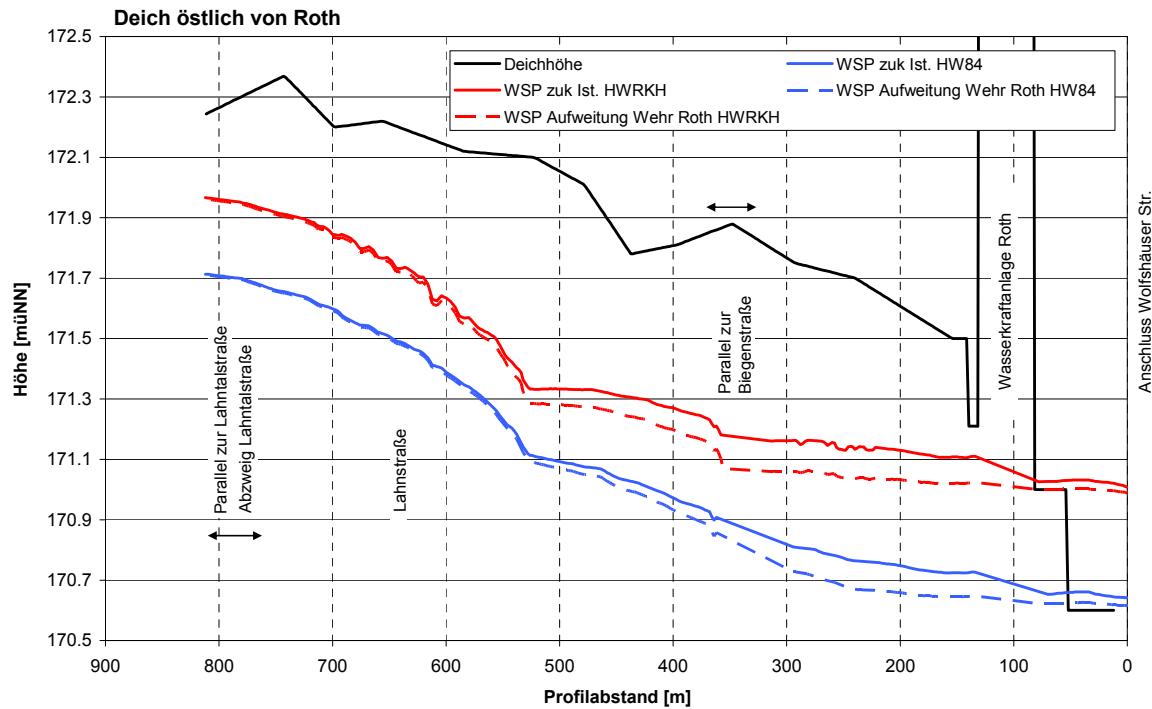


Abb. 7-22: Wasserspiegellängsschnitt am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 3)

Die Fläche, auf die die Aufweitung einen stärkeren Einfluss hat (Wasserspiegeldifferenzen größer 2 cm), kann der Abb. 7-23 und der Abb. 7-24 entnommen werden. Bei Simulation des HW<sub>84</sub> ergibt sich am unteren Rand des Untersuchungsgebietes auch für dieses Szenario im Bezug auf die Abflussganglinie keine merkbare Veränderung.

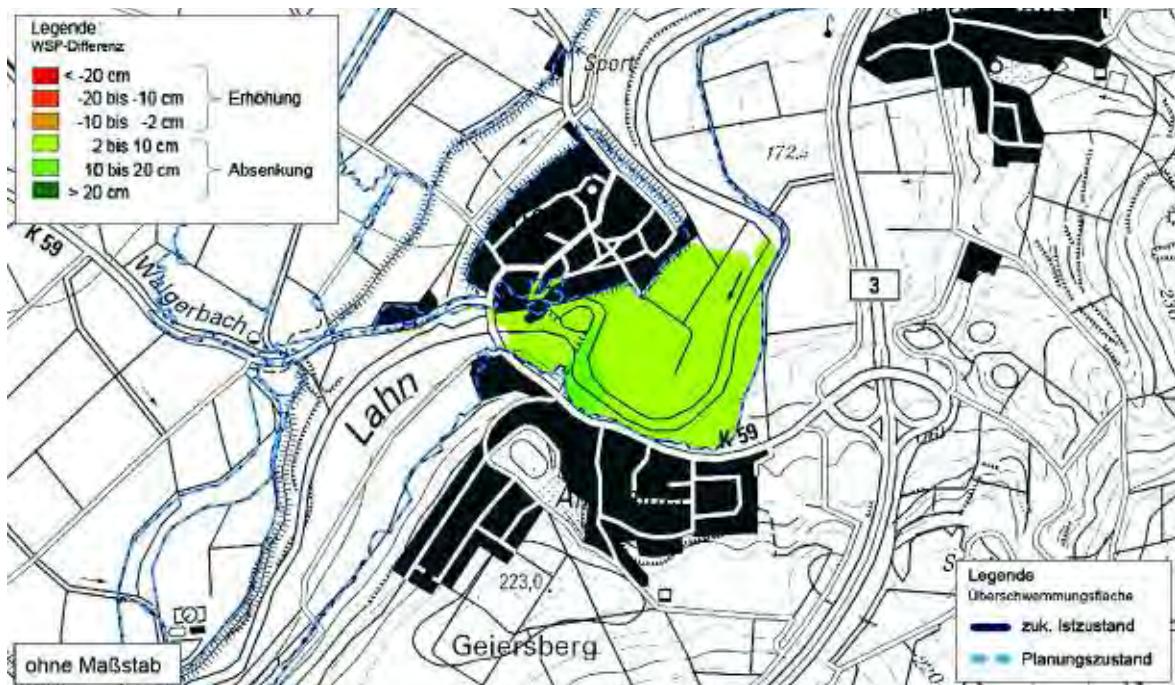


Abb. 7-23: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 3



Abb. 7-24: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>RKH</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 3

## 7.5 Szenario 4 – Umgestaltung Deiche nordöstlich Argenstein

Im Szenario 4 wird ein Teilstück des Deiches, der nordwestlich von Argenstein parallel zur Allna liegt, abgetragen. Um die Überschwemmung bebauter Bereiche zu verhindern, wird zudem ein neuer Deich westlich der Ortschaft Argenstein und ein Deich um die neu zu erstellende Museumsinsel in die Modellierung integriert (vgl. Abb. 7-25). Diese Deichhöhen werden für die Berechnung so angesetzt, dass keine Überflutung stattfindet. Durch diese Maßnahme soll der Abfluss (insbesondere der Allna) über das unbebaute Vorland gestärkt werden. Dadurch soll eine Entlastung im Bereich der Überflutungsfläche, die direkt an die Lahn angrenzt, geschaffen werden. Zudem wird eine leichte Retentionswirkung beim HW<sub>84</sub> erwartet.



Abb. 7-25: Bereich westlich von Argenstein – Szenario 4

Die Berechnungsergebnisse des Szenarios 4 zeigen, dass insbesondere beim HW<sub>84</sub> die Überflutungsfläche westlich von Roth und Argenstein deutlich vergrößert wird. Dies ist in Abb. 7-26 dargestellt. Dabei stellt die in der Legende als „nur zuk. Istzustand“ gekennzeichnete Fläche den Bereich dar, der nur im zukünftigen Istzustand, aber nicht im Planungszustand, überflutet wird (hier nur minimale Flächen). Das Gebiet, das in beiden Zuständen (zukünftiger Istzustand und Planungszustand) überflutet wird, ist mit „Planungszustand und zuk. Istzustand“ gekennzeichnet. Die mit „nur Planungszustand“ beschriebene Fläche stellt den Bereich dar, der durch das Planungsszenario zusätzlich zum zukünftigen Istzustand überflutet wird. Die soeben durchgeführten Erläuterungen gelten analog für alle weiteren Grafiken dieser Art.

Da der Bereich westlich von Roth und Argenstein beim HW<sub>RKH</sub> schon im zukünftigen Istzustand überflutet ist, vergrößert sich für das Szenario 4 die Überschwemmungsfläche nicht (vgl. Abb. 7-27). Vielmehr verringert sich die Überflutungsfläche leicht an wenigen

Stellen. Dies hängt damit zusammen, dass aufgrund des neuen Deiches eine zusätzliche Eindeichung von Argenstein stattfindet. Findet eine Überflutung der Ortschaft von den anderen bereits bestehenden Deichen aus (wie es im zukünftigen Istzustand der Fall ist) statt, verhindert der neue Deich das Abfließen aus der Ortslage heraus Richtung Südwesten. Dadurch kann es zu Rückstaueffekten und erhöhten Wasserspiegellagen in der Ortslage und zu geringeren Wasserständen südwestlich von Argenstein kommen (vgl. Abb. 7-29). Aufgrund dieses Sachverhaltes besteht bei der Umsetzung dieses Szenarios die zusätzliche Notwendigkeit, die Überflutung der Ortslage Argenstein zu vermeiden und die bereits bestehenden Deiche zu erhöhen. Durch die Deichschleifung parallel zur Allna wird die Wasserspiegellage nördlich der Ortschaft Argenstein für beide hier betrachteten Abflüsse ( $HW_{84}$  und  $HW_{RKH}$ ) reduziert (vgl. Abb. 7-28 und Abb. 7-29). Der Bereich, in dem diese Reduzierung für das  $HW_{84}$  größer 2 cm ist, erstreckt sich nach Süden bis zur Ortschaft Roth.

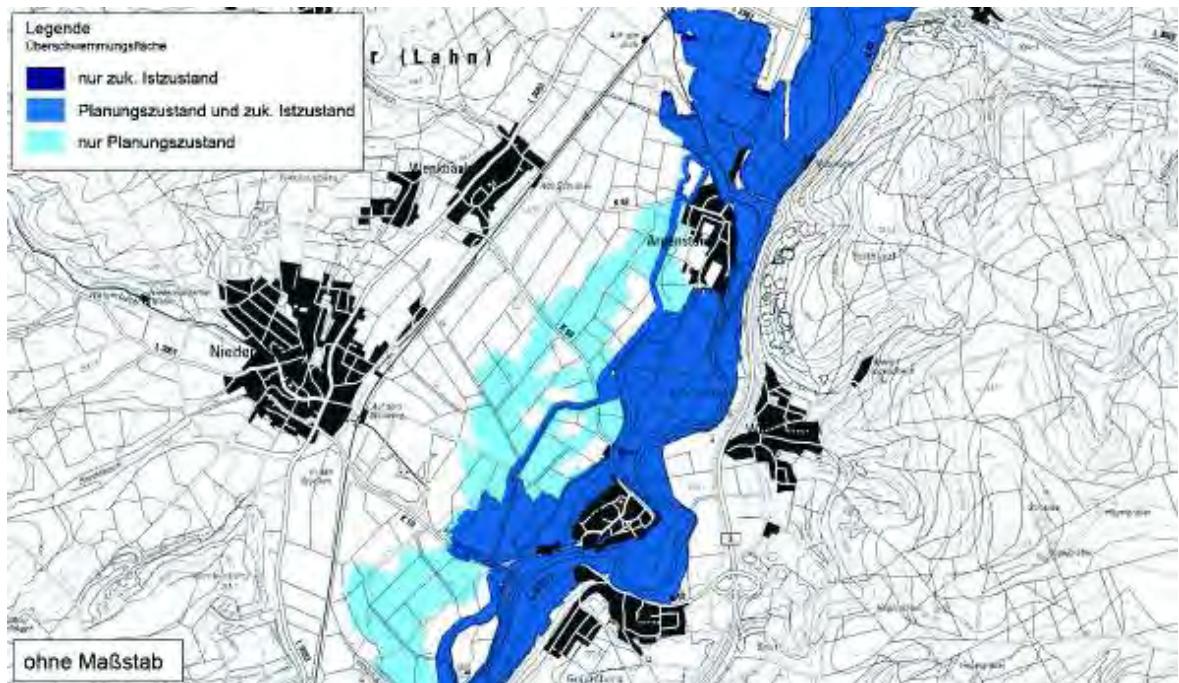
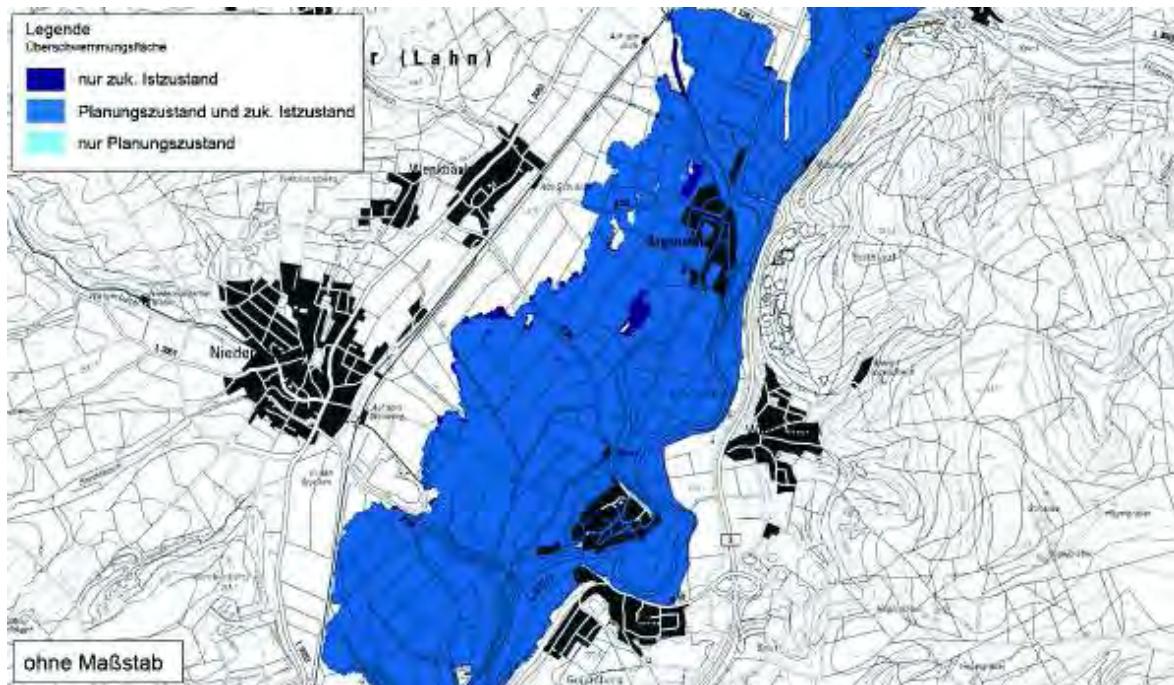
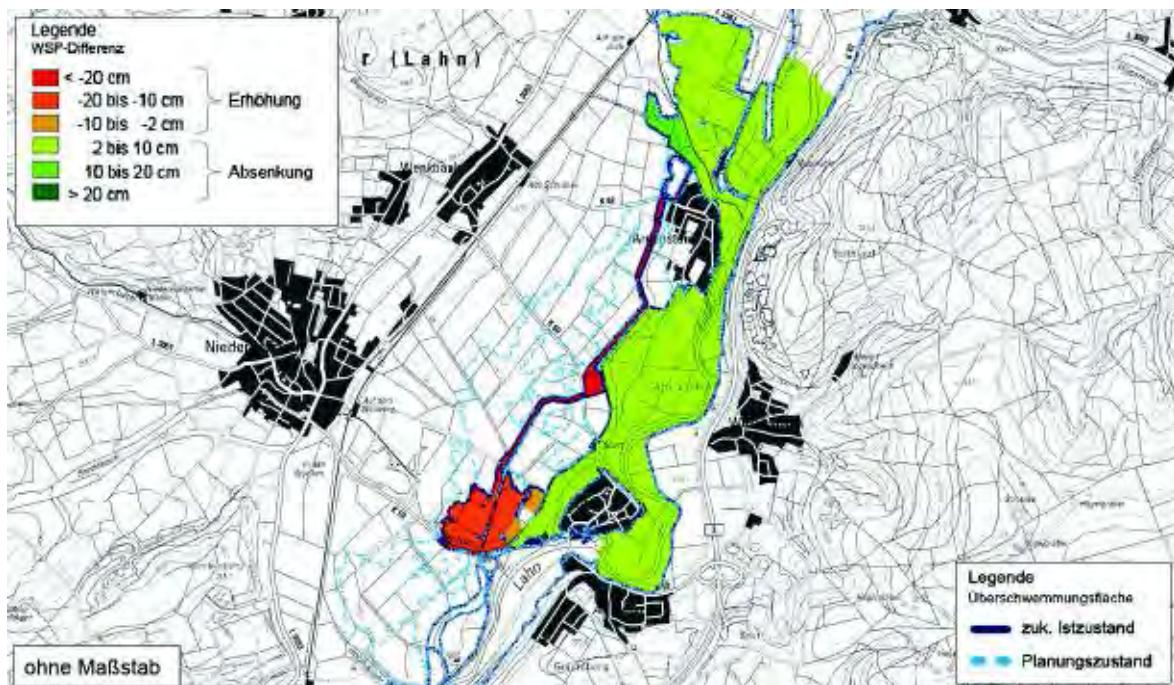


Abb. 7-26: Überflutungsflächen für das  $HW_{84}$  (zuk. Istzustand und Szenario 4)

Abb. 7-27: Überflutungsflächen für das HW<sub>RKH</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 4)Abb. 7-28: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 4

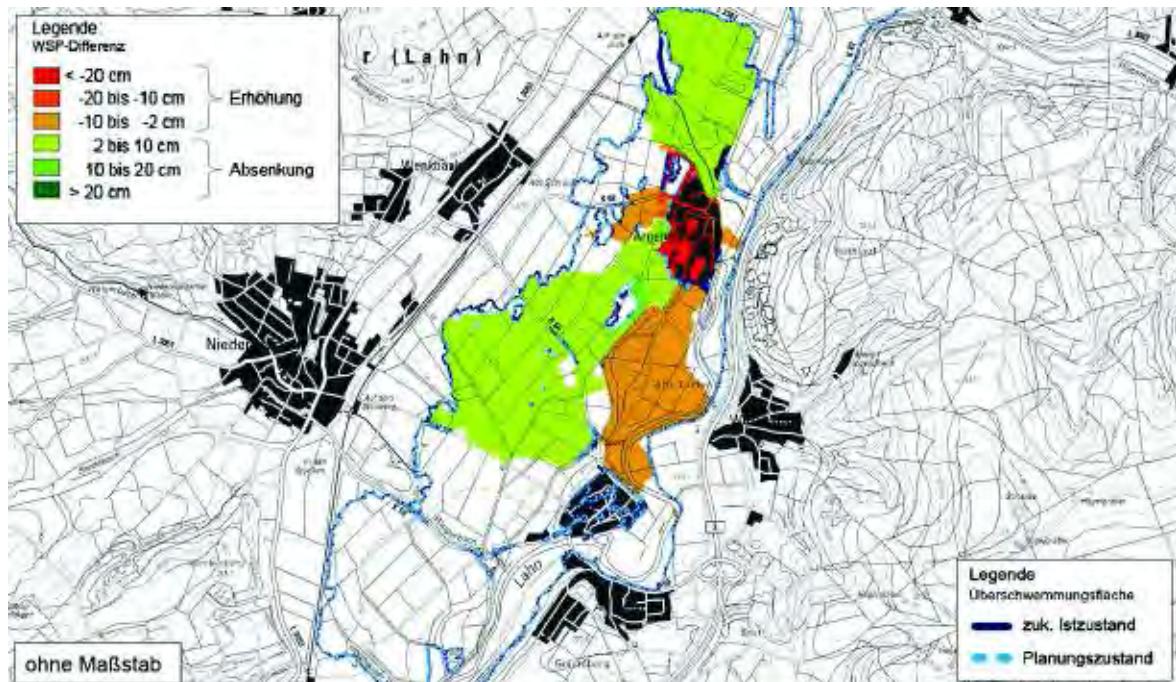


Abb. 7-29: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>RKH</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 4

In Abb. 7-30 werden die Wasserspiegelveränderungen im Flussschlauch der Lahn, die durch das Szenario 4 hervorgerufen werden, in Form eines Längsschnittes dargestellt. Man erkennt hier deutlich die Absenkung von Roth bis Argenstein für das  $HW_{84}$  und die Erhöhung beim  $HW_{RKH}$ . Die auch ersichtlichen geringen Absenkungen des Wasserspiegels beim  $HW_{84}$  unterstrom der Ortslage Roth begründen sich in der Retentionswirkung, die diese Maßnahme ebenfalls mit sich bringt. Bezogen auf das untere Ende des Untersuchungsgebietes reduziert sich der Wellenscheitel um  $\Delta Q = \sim 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (vgl. Abb. 7-31).

In Abb. 7-32 werden die Wasserspiegellagen auf der Seite der ParAllna und die Gelände-höhe des zukünftigen Istzustandes entlang des neu zu erstellenden Deiches westlich von Argenstein dargestellt. Dadurch soll veranschaulicht werden, wie hoch der neue Deich bei Umsetzung der Maßnahme zu errichten wäre.

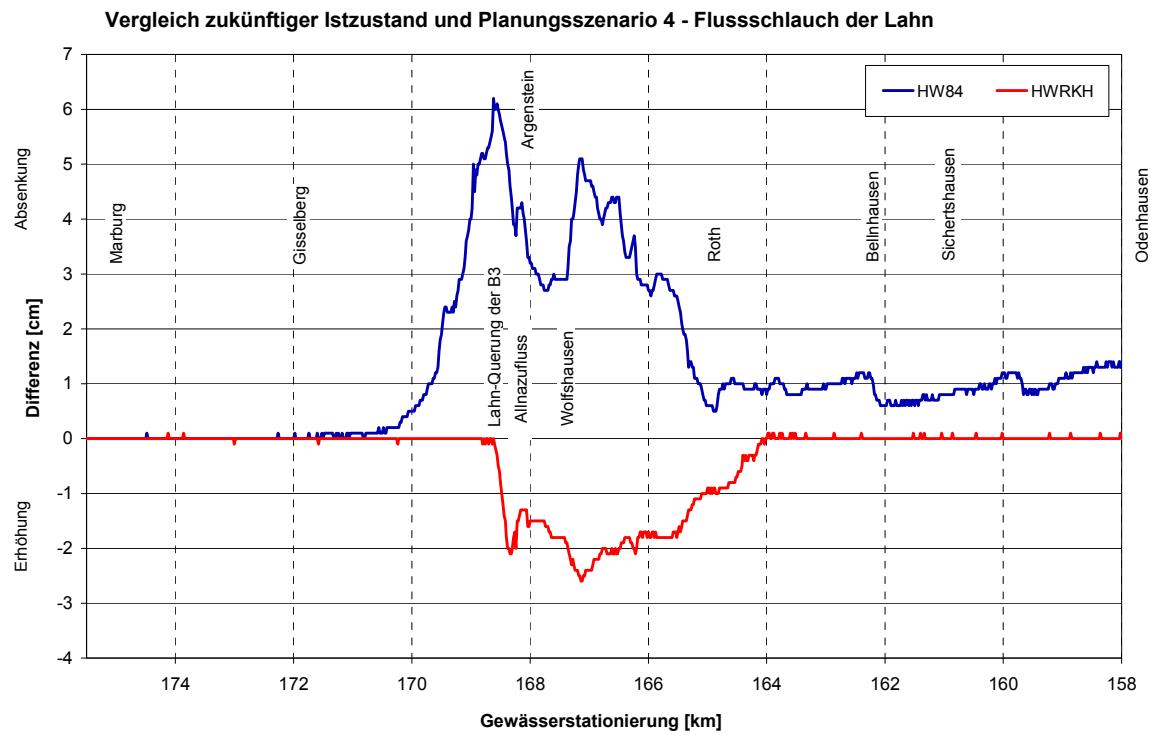


Abb. 7-30: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 4

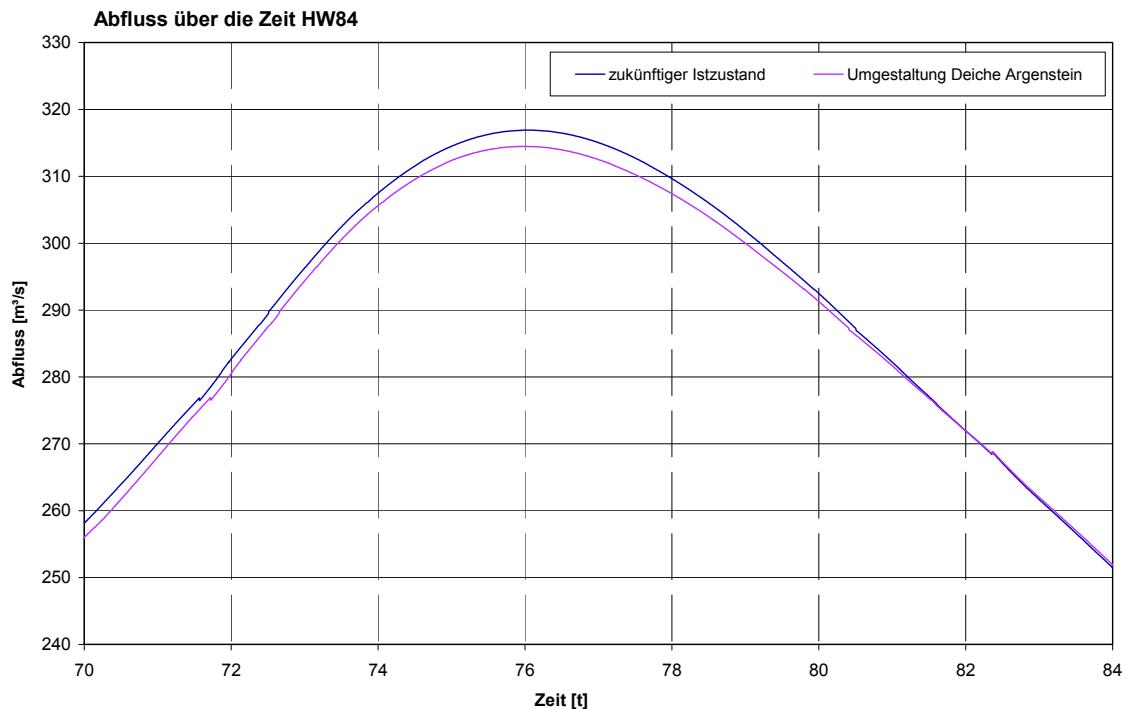


Abb. 7-31: Abflussganglinie (unteres Ende Untersuchungsgebiet) vergrößerter Ausschnitt des Wellenscheitels

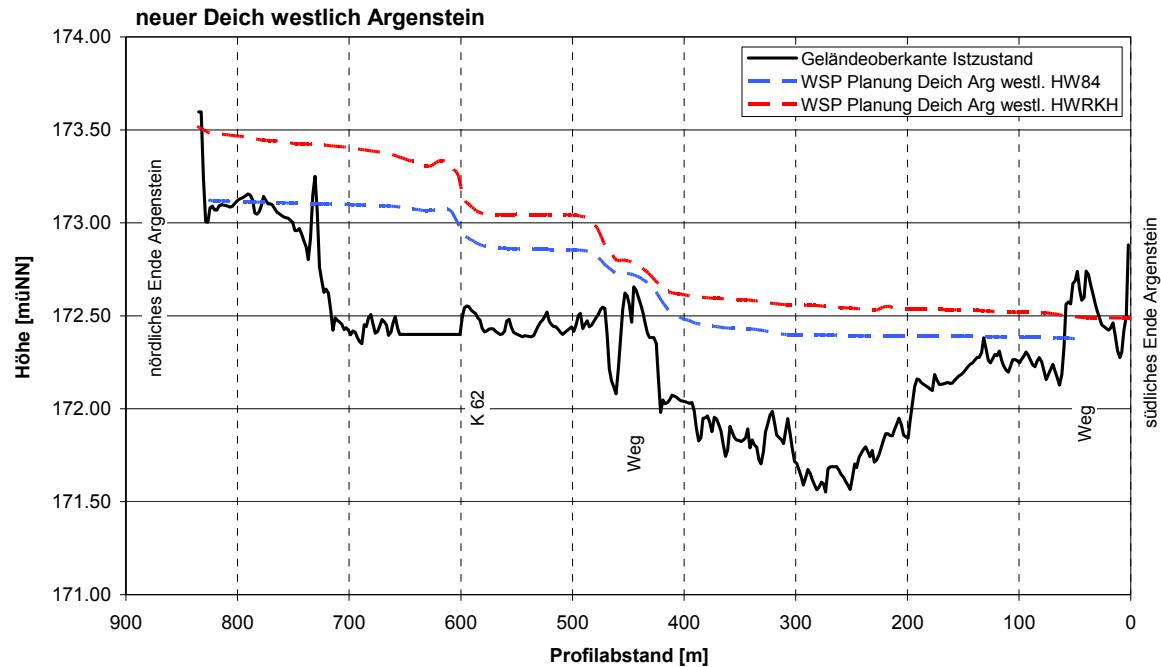


Abb. 7-32: Wasserspiegellängsschnitt und Geländehöhen entlang des neuen Deiches westlich von Argenstein für Szenario 4

## 7.6 Szenario 5 – Schleifung Deiche

### 7.6.1 Szenario 5a – komplette Deichschleifung

Im Szenario 5a werden die Deiche südlich von Marburg bis zur Salzbödemündung, die keine Bebauung schützen, geschliffen. Dementsprechend werden die Dämme, die in der Abb. 7-33 dargestellt sind, ganz abgetragen. Außerdem wird das zukünftige Industriegebiet nördlich von Fronhausen, das zeitnah entstehen soll, durch einen separaten Deich geschützt.

Wie in Abb. 7-33 zu erkennen ist, wird der Deich bei Wolfshausen nicht geschliffen. Voruntersuchungen zeigten, dass die Abtragung dieses Deiches und die damit einhergehende Schaffung eines direkten Wasserweges zwischen Argenstein und Roth eine geringfügige Erhöhung des Wasserspiegels nordöstlich der Ortschaft Roth hervorrufen würde. Ebenso wird der Deich zwischen Argenstein und Roth nicht abgetragen, da an dieser Stelle der Wasserspiegel der Lahn beim HW<sub>84</sub> deutlich höher liegt als der der ParAllna, die auf der lahnabgewandten Seite dieses Deiches liegt. Durch eine Wegnahme des Deiches würde sich der Wasserspiegel der ParAllna hier an die Lahn angleichen und bei einem voll geöffnetem Zuflussquerschnitt der ParAllna gäbe es einen Rückstau in derselben, der Teile der Ortschaft Argenstein überfluten würde.

Aufgrund der Deichwegnahme stellen sich in beiden Abflussszenarien größere Überflutungsflächen ein. Diese sind Abb. 7-34 und Abb. 7-35 zu entnehmen. Bei den vergrößerten Überflutungsflächen ist zu beachten, dass hierdurch einzelne Wegverbindungen zusätzlich zum Istzustand überflutet werden. Dies ist entweder im Hochwasserfall in Kauf zu nehmen oder bei Bedarf sind einzelne Wegverbindungen den jeweiligen Überflutungsflä-

chen anzupassen bzw. ist die Deichschleifung in dem jeweiligen Bereich nicht durchzuführen. Zudem sollte vor einer Umsetzung der Deichschleifung noch einmal im Detail geprüft werden, ob die als wasserundurchlässig angenommenen Dammstrukturen (wie z. B. Straßen) wirklich die Eigenschaft der Wasserundurchlässigkeit aufweisen (kein Sickerwasser, keine kleinen Verrohrungen usw.).

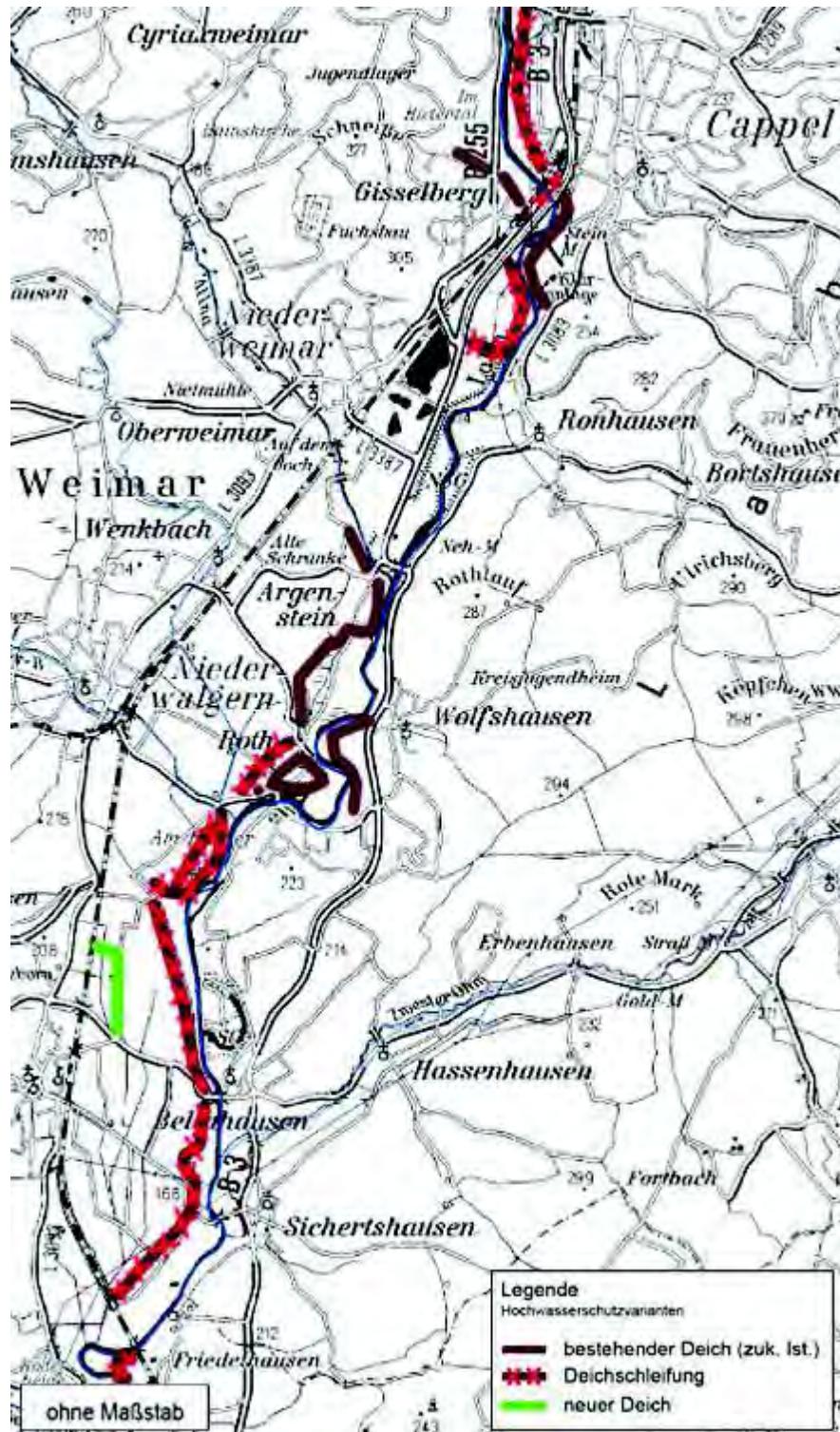
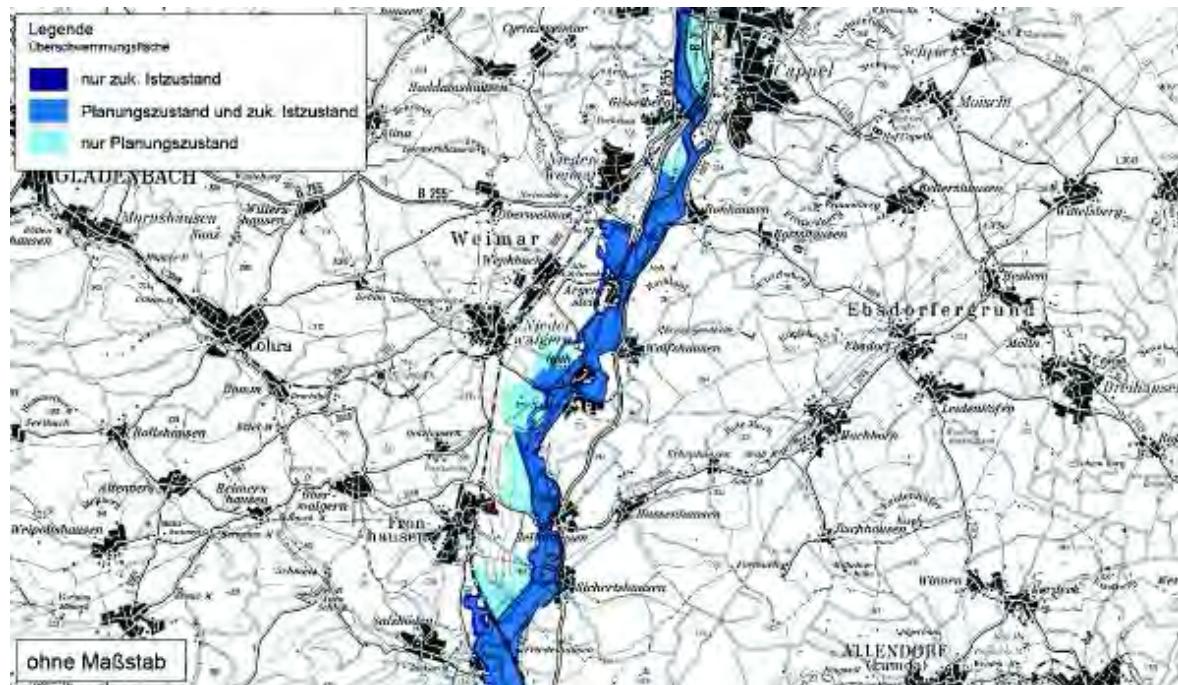
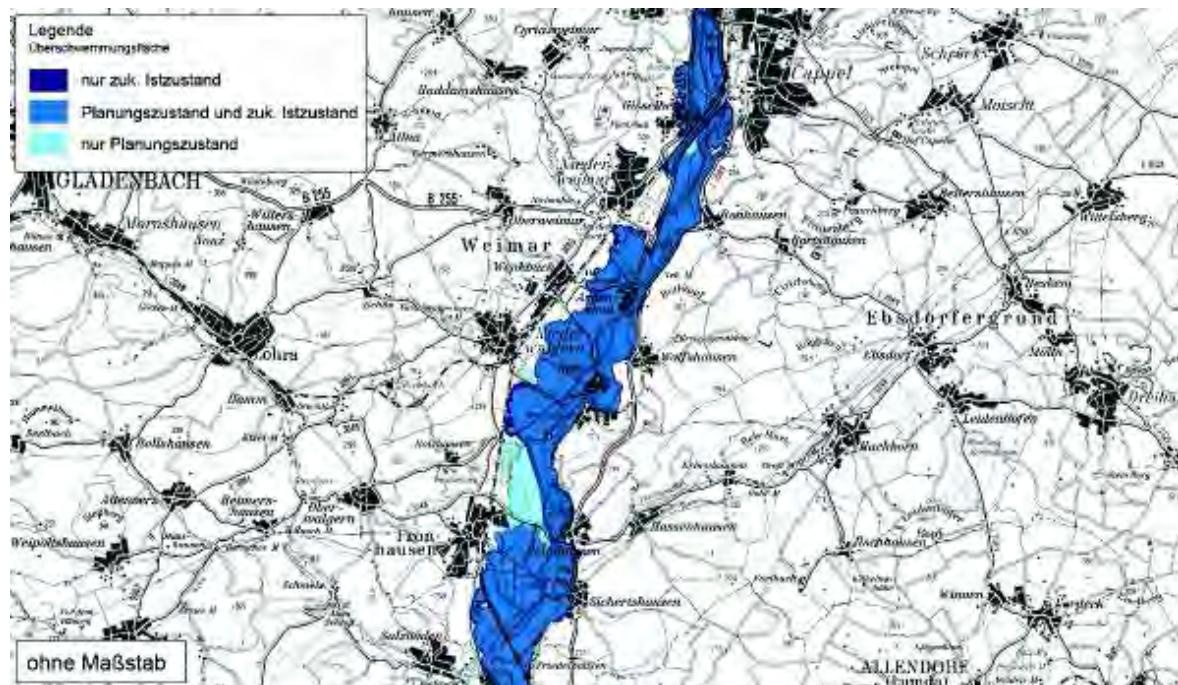


Abb. 7-33: Deichschleifung

Abb. 7-34: Überflutungsflächen für das HW<sub>84</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 5)Abb. 7-35: Überflutungsflächen für das HW<sub>RKH</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 5)

Durch die z. T. vergrößerten Abflussquerschnitte im Szenario 5a sinkt der Wasserspiegel im Lahnlauf bis zu knapp 25 cm bei der Simulation des Abflussereignisses von 1984 und bis zu gut 40 cm bei der Simulation des HW<sub>RKH</sub> (vgl. Abb. 7-36, Abb. 7-37 und Abb. 7-38). Auf der lahnabgewandten Seite der geschliffenen Deiche sind entsprechend die zu erwar-

tenden Anstiege des Wasserspiegels zu verzeichnen. Aufgrund der Schleifung des westlichen Deiches parallel zur Flutmulde in Roth erhöht sich in diesem Bereich der Wasserspiegel der ParAllna. Dadurch entstehen Rückstaueffekte in der selbigen, die jedoch selbst bei voll geöffnetem Zulaufquerschnitt keine Ausuferungen im Bereich von Argenstein beim HW<sub>84</sub> (im Gegensatz zur potentiellen Deichschleifung zwischen Argenstein und Roth) hervorrufen.

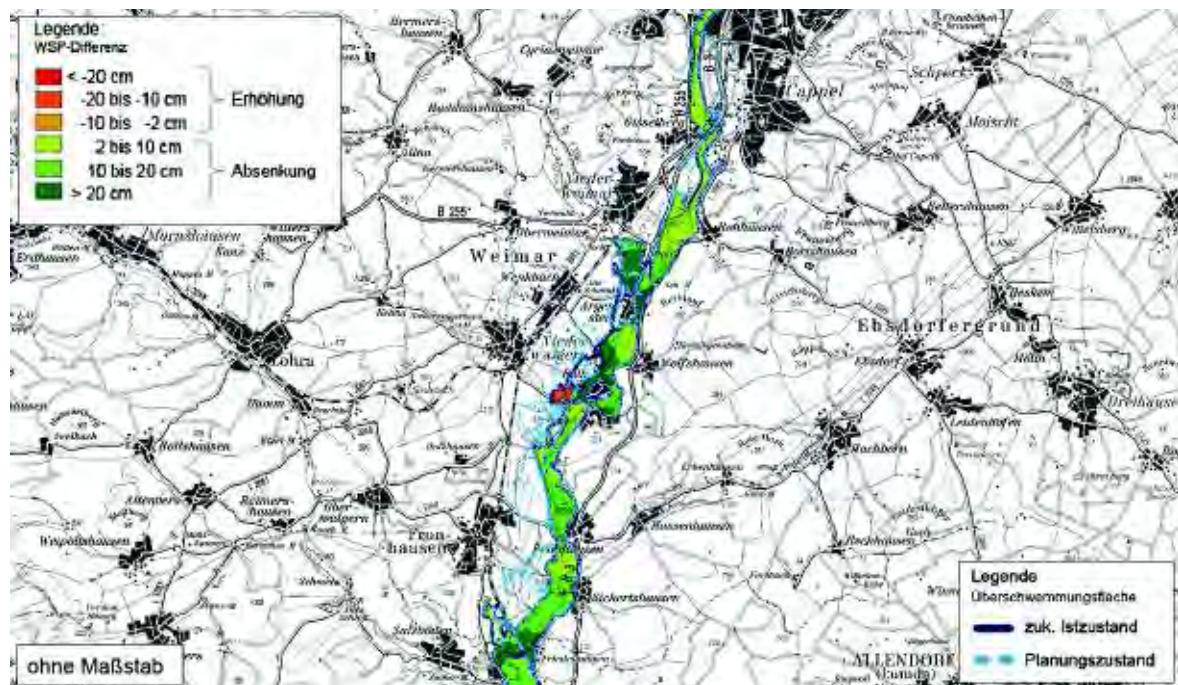


Abb. 7-36: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 5

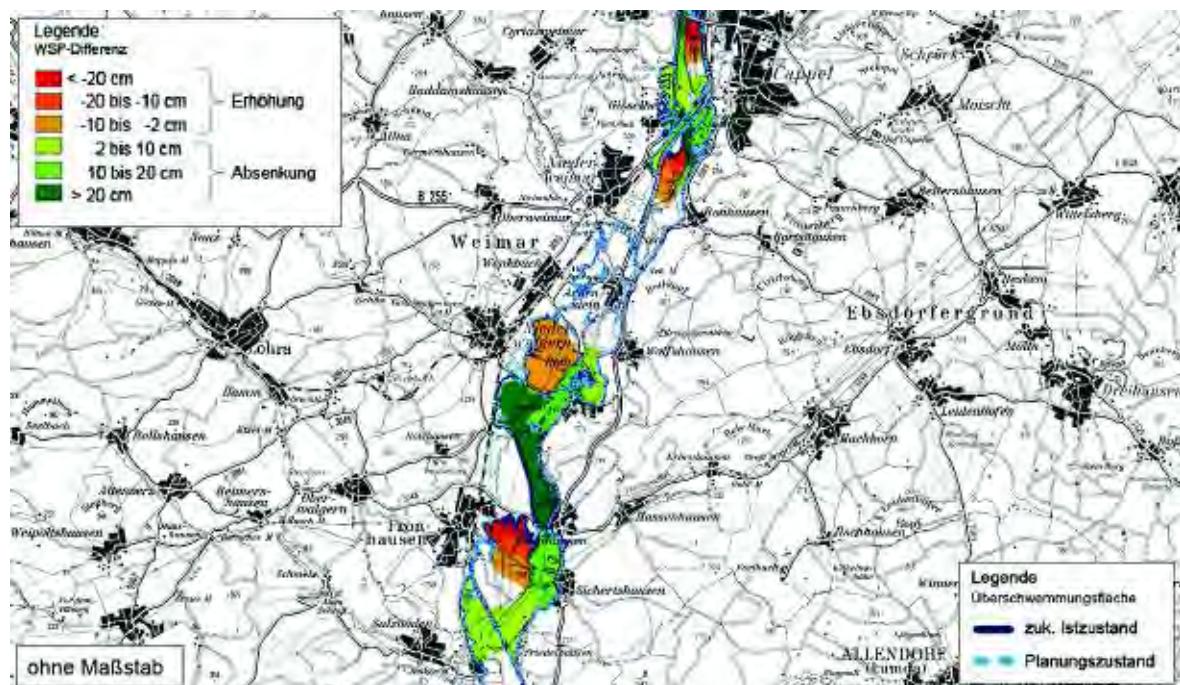


Abb. 7-37: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HWRKH: zuk. Istzustand minus Szenario 5

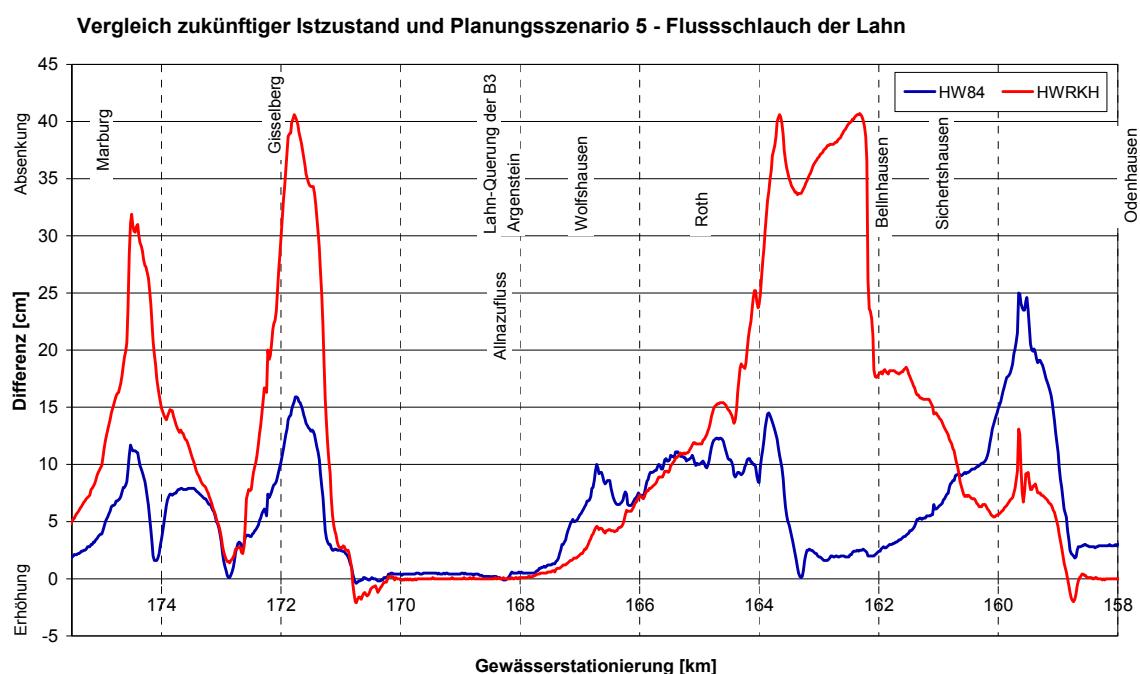


Abb. 7-38: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 5

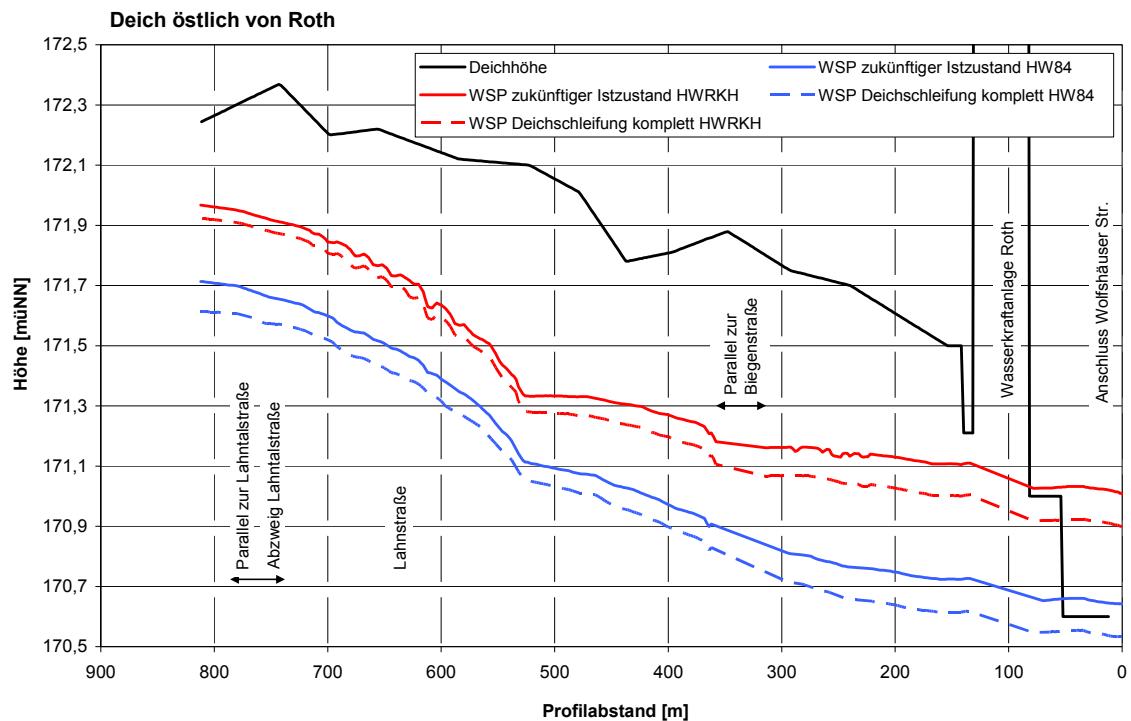


Abb. 7-39: Wasserspiegellängsschnitt am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 5)

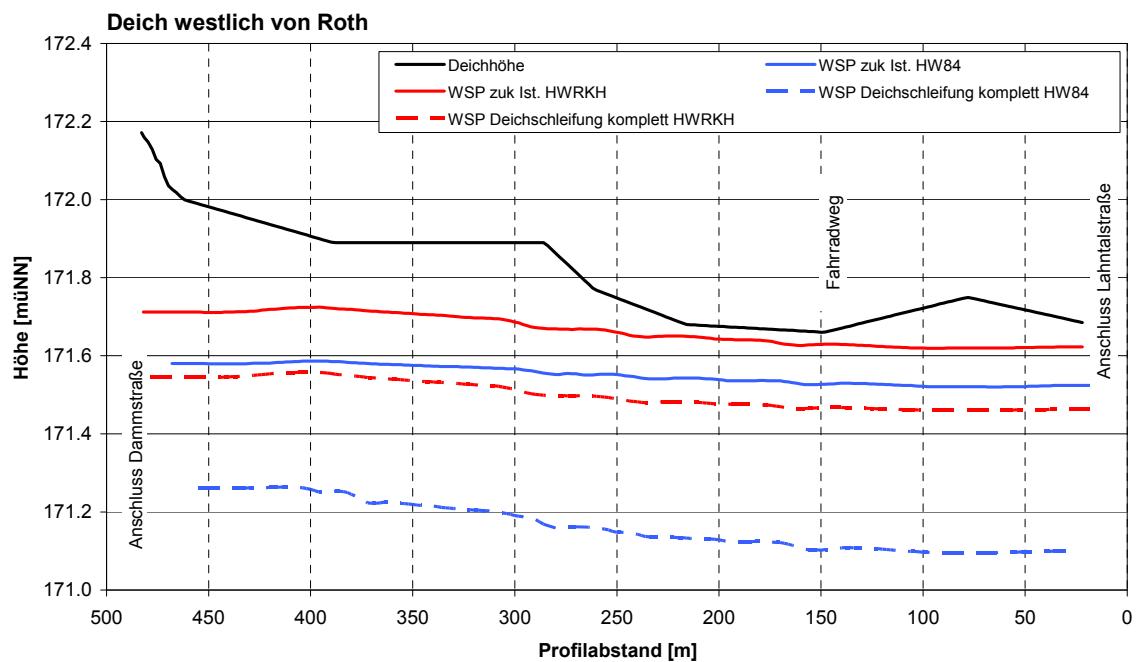


Abb. 7-40: Wasserspiegellängsschnitt am Deich westlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 5)

In Abb. 7-39 und Abb. 7-40 werden die Deiche um den alten Ortskern von Roth dargestellt. Die Reduzierung des Wasserspiegels an den Dämmen, die die bebauten Bereiche schützen, ist hier jeweils gut zu erkennen.

Im Vergleich zum zukünftigen Istzustand reduziert sich der Scheitel der Hochwasserwelle am unteren Ende des Untersuchungsgebietes von ca.  $Q = 317 \text{ m}^3/\text{s}$  auf ca.  $Q = 311 \text{ m}^3/\text{s}$  (vgl. Abb. 7-41). Die Spitze der Welle kommt hier knapp 80 Minuten später an als im Istzustand (vgl. Abb. 7-41).

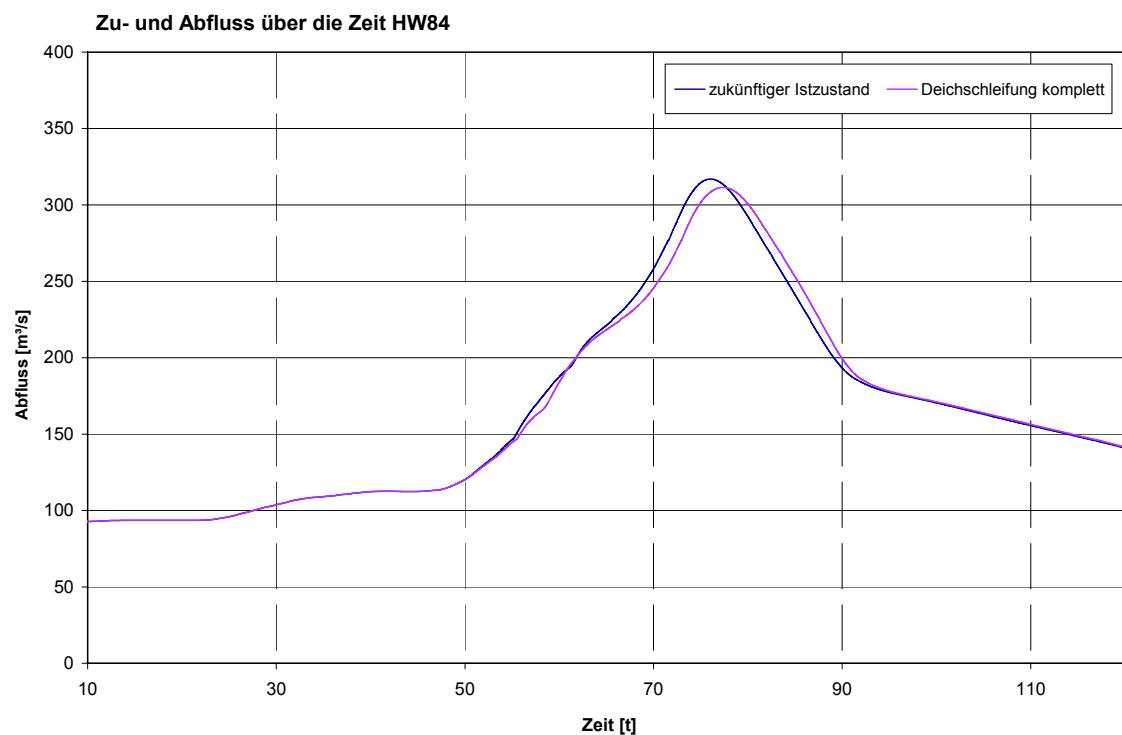


Abb. 7-41: Abflussganglinie (Höhe Salzbödemündung)

### 7.6.2 Szenario 5b – Deichschleifung bis $\text{HQ}_{10}$

In zusätzlichen Untersuchungen werden ergänzend zum Szenario 5a die dort geschliffenen Deiche nur soweit abgetragen, dass ihre Deichkrone höher als der Wasserspiegel bei einem  $\text{HQ}_{10} = \sim 250 \text{ m}^3/\text{s}$  (mit Berücksichtigung der vorhandenen Hochwasserrückhaltebecken) und der Umsetzung der Szenarien 1-3 liegt. Somit ist für die landwirtschaftliche Nutzfläche ein Schutz bis zu  $\text{HQ}_{10}$  und eine prinzipiell effektivere Rückhaltung durch die spätere Überflutung gegeben.

Im Rahmen dieser Untersuchungen zeigten sich bzgl. der Überschwemmungsflächen und der Wasserspiegellagen für das  $\text{HW}_{\text{RKH}}$  nahezu keine Unterschiede zur kompletten Abtragung der Deiche. Auch bei dem Abflussereignis  $\text{HW}_{84}$  ist im Wesentlichen nur an wenigen Stellen ein leicht erhöhter Wasserspiegel von wenigen Zentimetern in der Lahn und ein etwas niedrigerer Wasserstand (ebenfalls wenige Zentimeter) hinter den noch in geringer

Höhe vorhandenen Deichen im Vergleich zur kompletten Schleifung der Deiche zu erkennen. Die Überflutungsflächen ändern sich im Vergleich zum Szenario 5a auch hier nahezu nicht. Bzgl. des Wellenverlaufes sind Änderungen feststellbar. Der Wellenscheitel reduziert sich noch einmal um  $\Delta Q = \text{ca. } 2 \text{ m}^3/\text{s}$  und kommt ca. 20 Minuten später an der Salzbödemündung an als bei der kompletten Schleifung der Deiche (vgl. Abb. 7-42). Insgesamt verzögert sich die HW-Welle im Vergleich zum Ist-Zustand um 100 Minuten.

Die Wirkung der Deichschleifung kann sicherlich durch weitere Detailbetrachtungen und partielle Deichschleifungen noch optimiert werden. Dies ist jedoch abflussabhängig und übersteigt den Umfang dieser Untersuchungen, da nur eine generelle Betrachtung der Deichschleifung durchzuführen war.

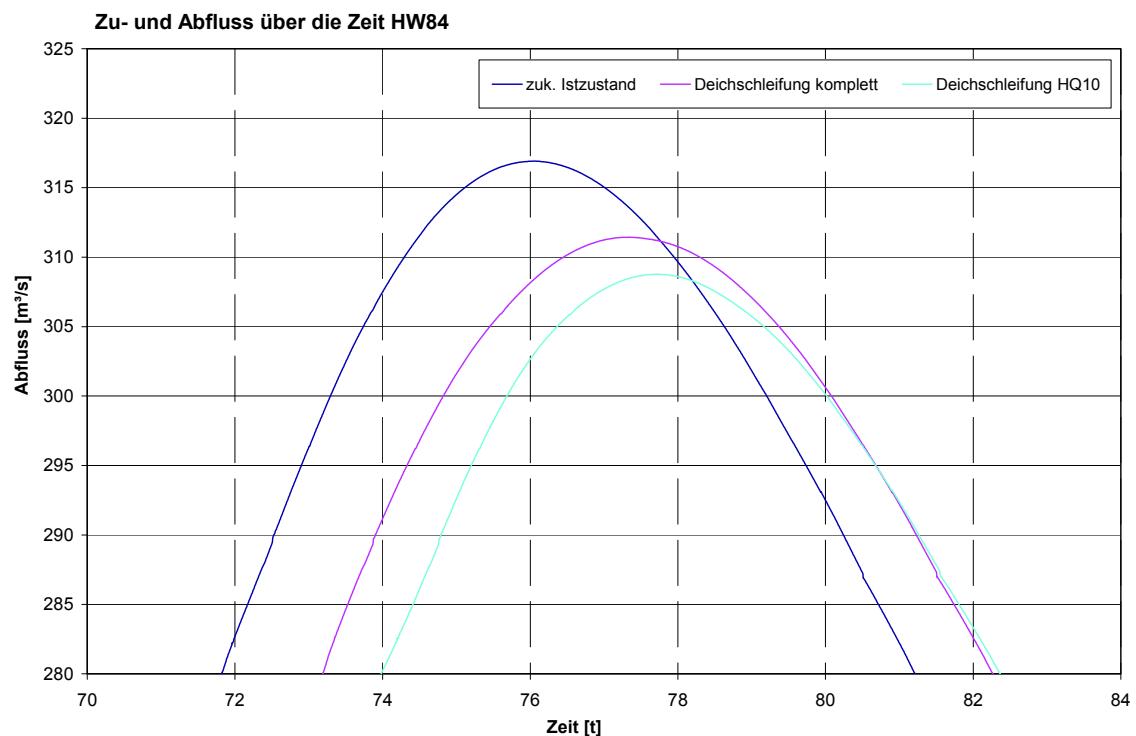


Abb. 7-42: Abflussganglinie (Lahn im Bereich der Salzbödemündung) vergrößerter Ausschnitt des Wellenscheitels

## 7.7 Szenario 6 – Erhöhung Ortsdeiche

Im Szenario 6 wird untersucht, wie sich eine Erhöhung von Deichen und Dammstrukturen, die direkt die Bebauungsbereiche südlich von Marburg schützen, auf die Überflutungsflächen und Wasserstände im Hochwasserfall auswirkt. Dazu sind die in Abb. 7-43 dargestellten Dämme im Modell erhöht worden.

Bei dem Abfluss HW<sub>84</sub> ergeben sich für dieses Szenario nahezu keine Unterschiede zum zukünftigen Istzustand. Einige Ausnahmen stellen Teile der Ortschaft Roth dar. Diese liegen nicht mehr wie zuvor im Überschwemmungsgebiet.

Um einer Überflutung von Teilen Argenstein ausgehend von der ParAllna vorzubeugen, wird im Szenario 6 für den Abfluss  $HW_{RKH}$  der Zufluss zur ParAllna reduziert, indem der Querschnitt des Zulaufrohres halbiert wird.

Beim  $HW_{RKH}$  stellt sich die Situation in Bezug zum zukünftigen Istzustand deutlich anders dar. Hier liegen aufgrund der kleineren Überschwemmungsgebiete und der damit einhergehenden, verengten Abflussquerschnitte bis zu knapp 50 cm erhöhte Wasserstände (an der Allna) vor (vgl. Abb. 7-44 bis Abb. 7-46). Dafür liegen im Vergleich zum zukünftigen Istzustand die Ortschaften außerhalb der Überschwemmungsfläche.

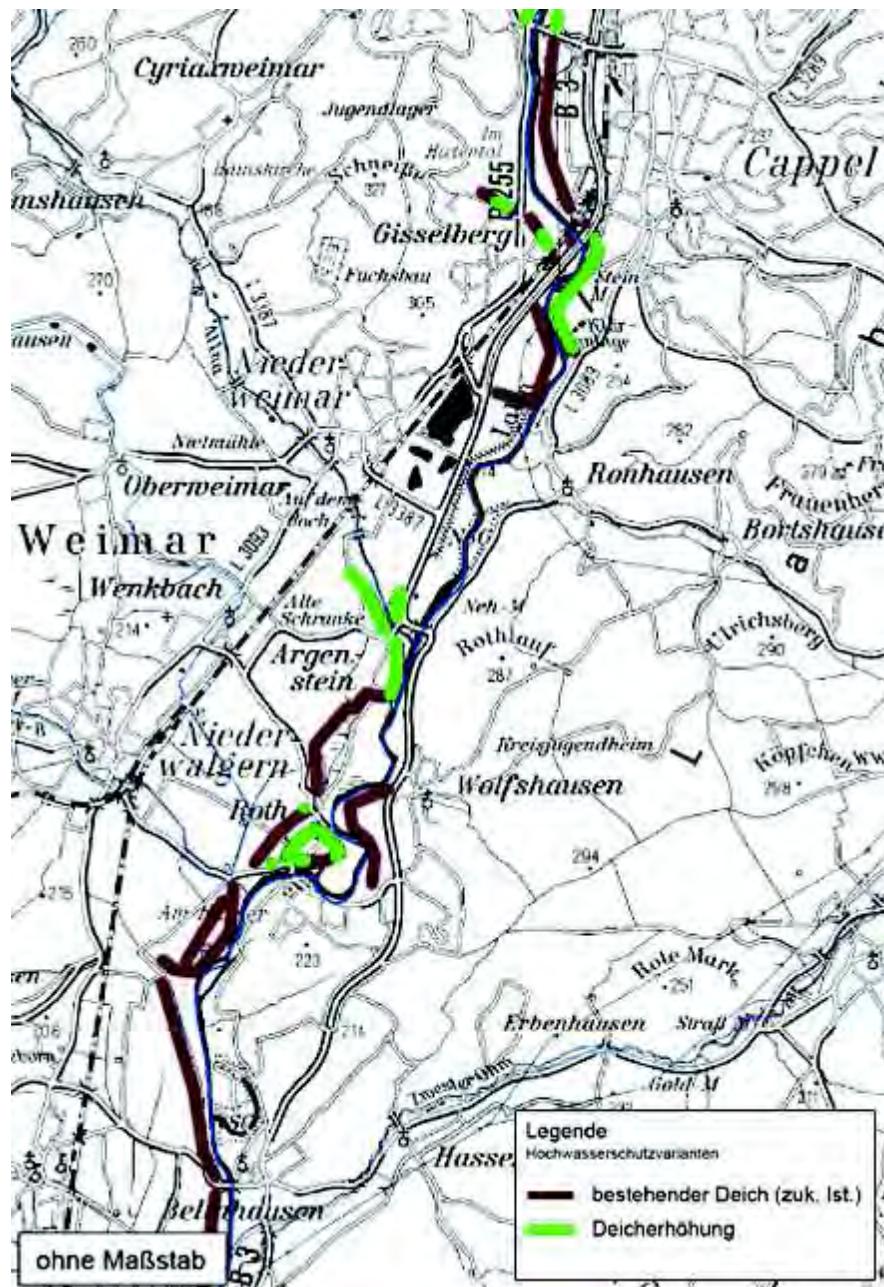
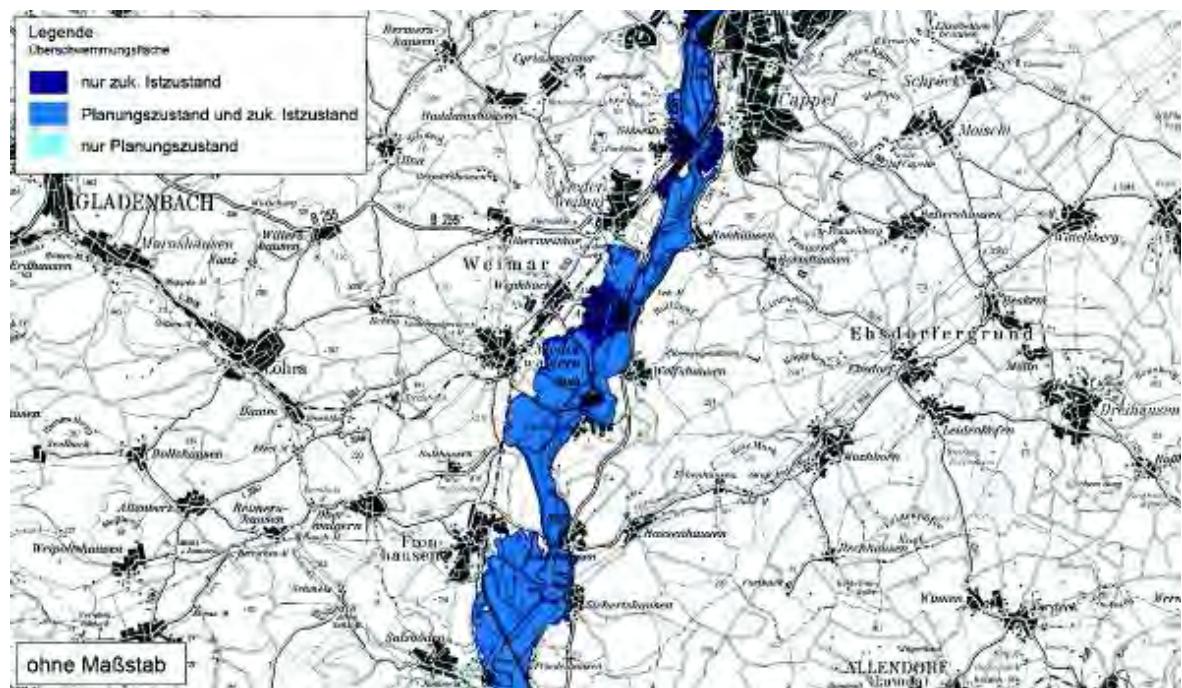
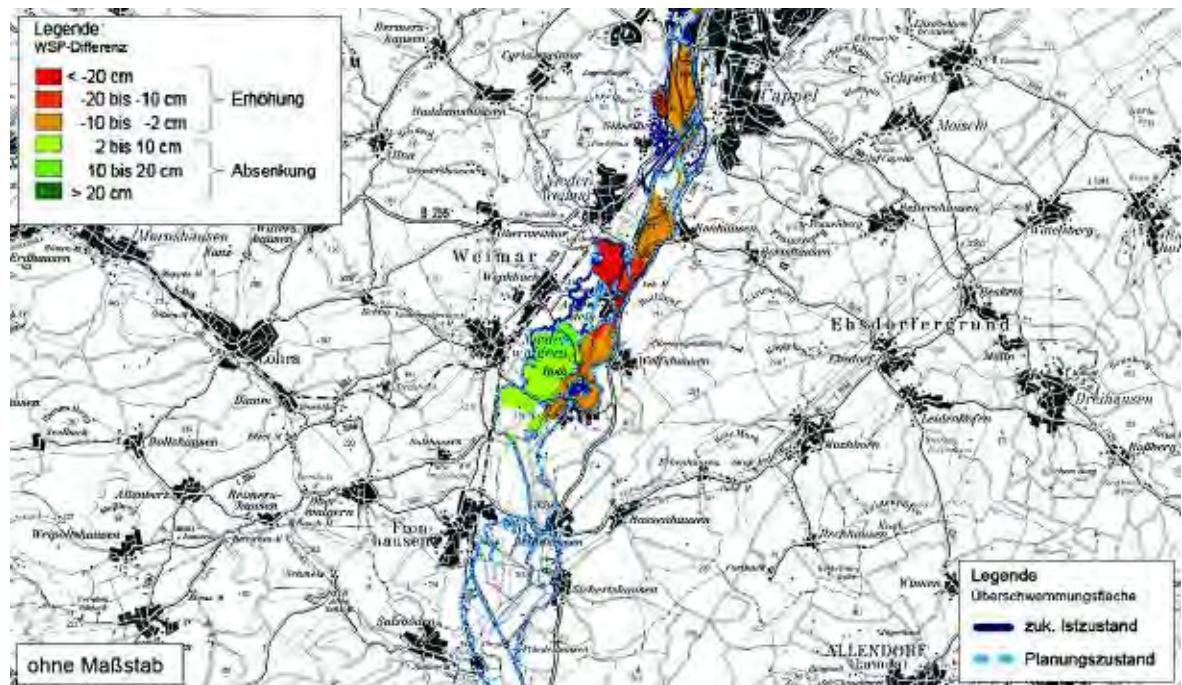


Abb. 7-43: Deicherhöhungen im Szenario 6

Abb. 7-44: Überflutungsflächen für das HW<sub>RKH</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 6)Abb. 7-45: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>RKH</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 6

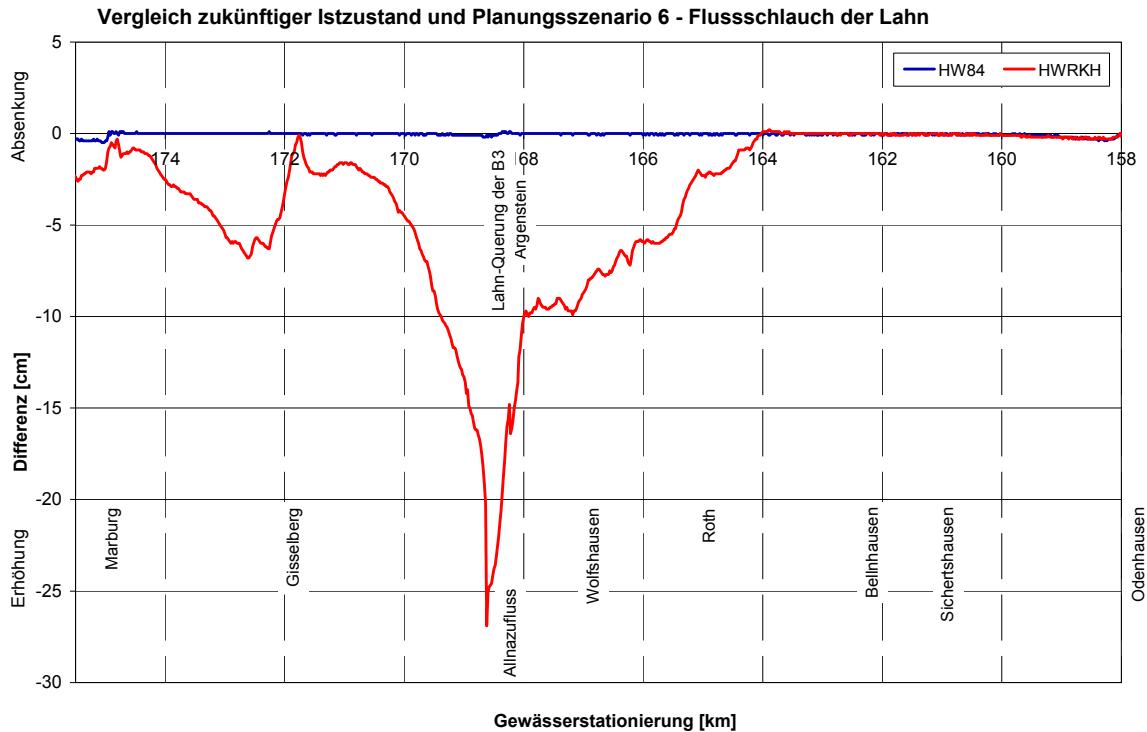


Abb. 7-46: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn: zuk. Istzustand minus Szenario 6

Auch die Abb. 7-47 bis Abb. 7-50 zeigen, dass sich der Wasserspiegel insbesondere bei Argenstein und Roth erhöht. Neben den alten Deichhöhen sind in diesen Grafiken auch die neu gewählten Deichhöhen zu erkennen. Diese sind nicht als feststehend zu betrachten, sondern je nach gewünschtem Freibord frei wählbar.

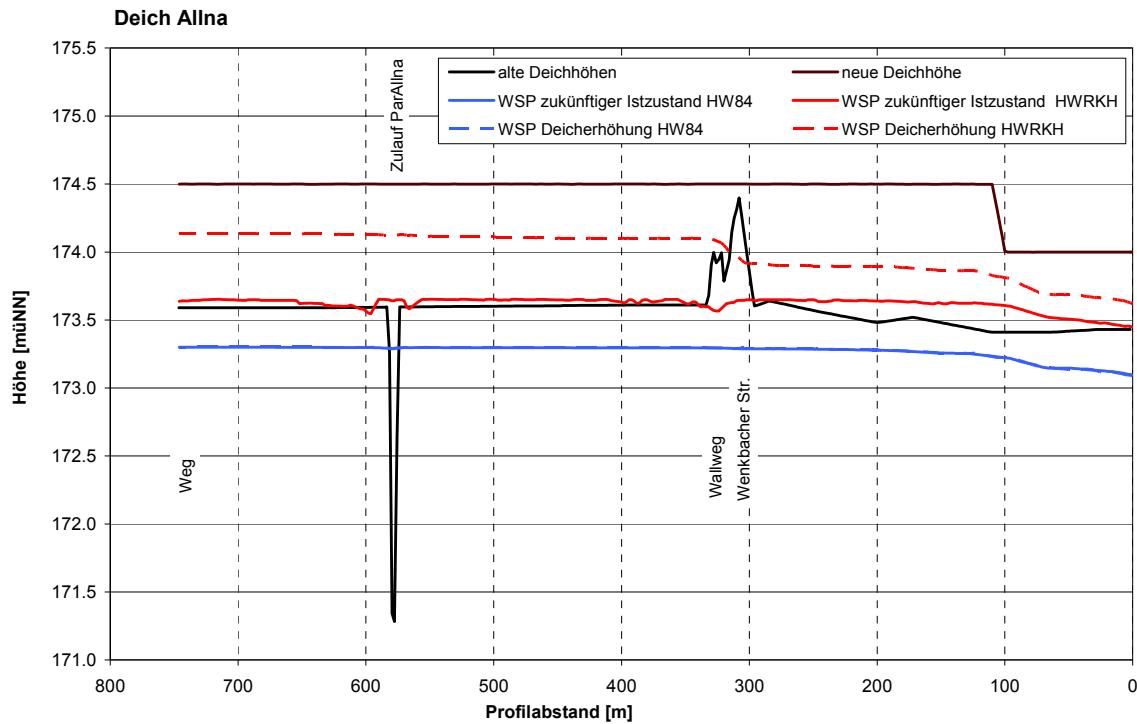


Abb. 7-47: Wasserspiegellängsschnitt am Deich Allna (Veränderungen durch Szenario 6)

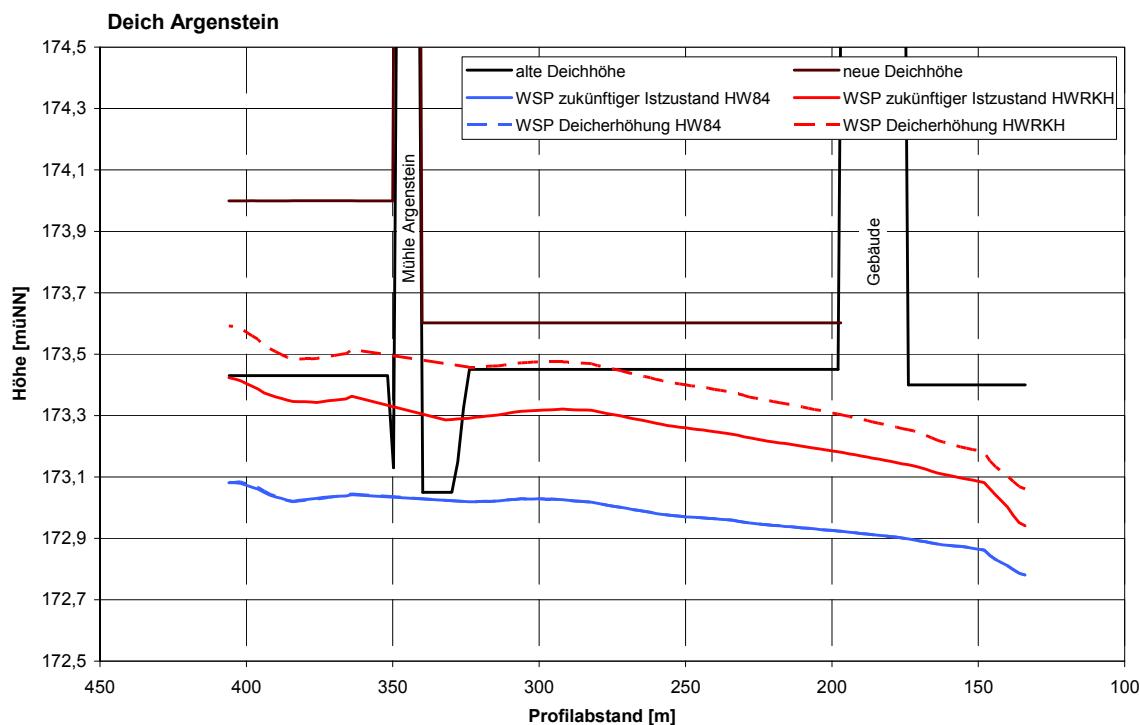


Abb. 7-48: Wasserspiegellängsschnitt am Deich Argenstein (Veränderungen durch Szenario 6)

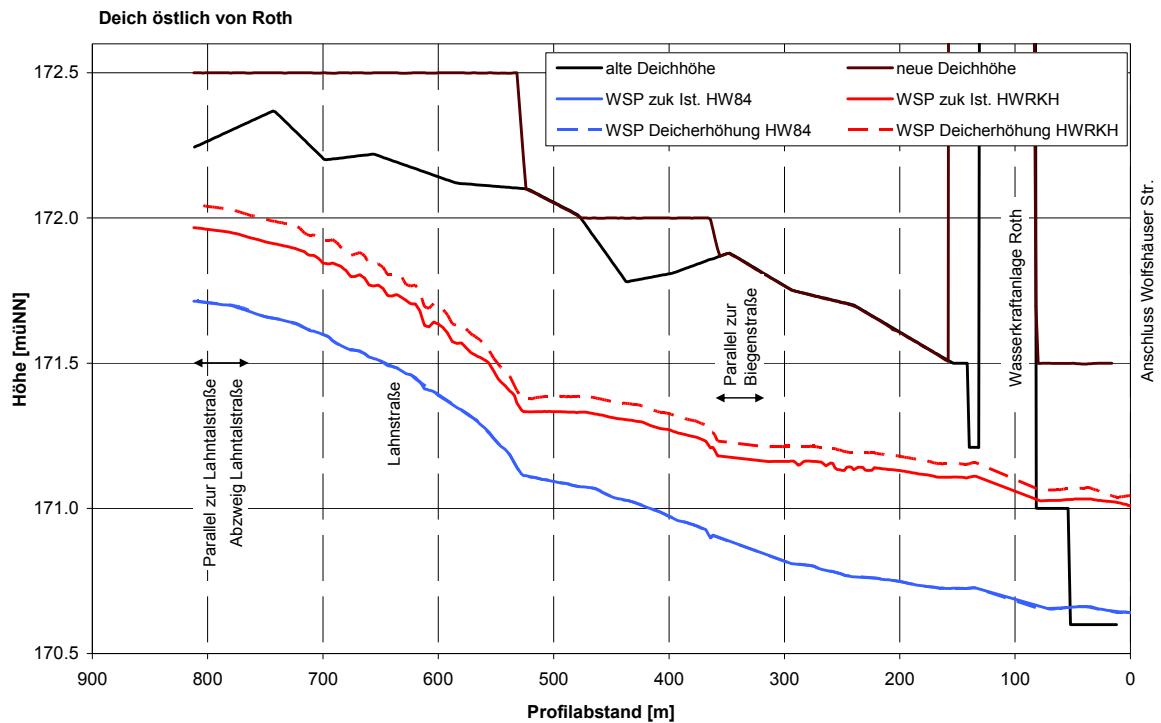


Abb. 7-49: Wasserspiegellängsschnitt am Deich östlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 6)

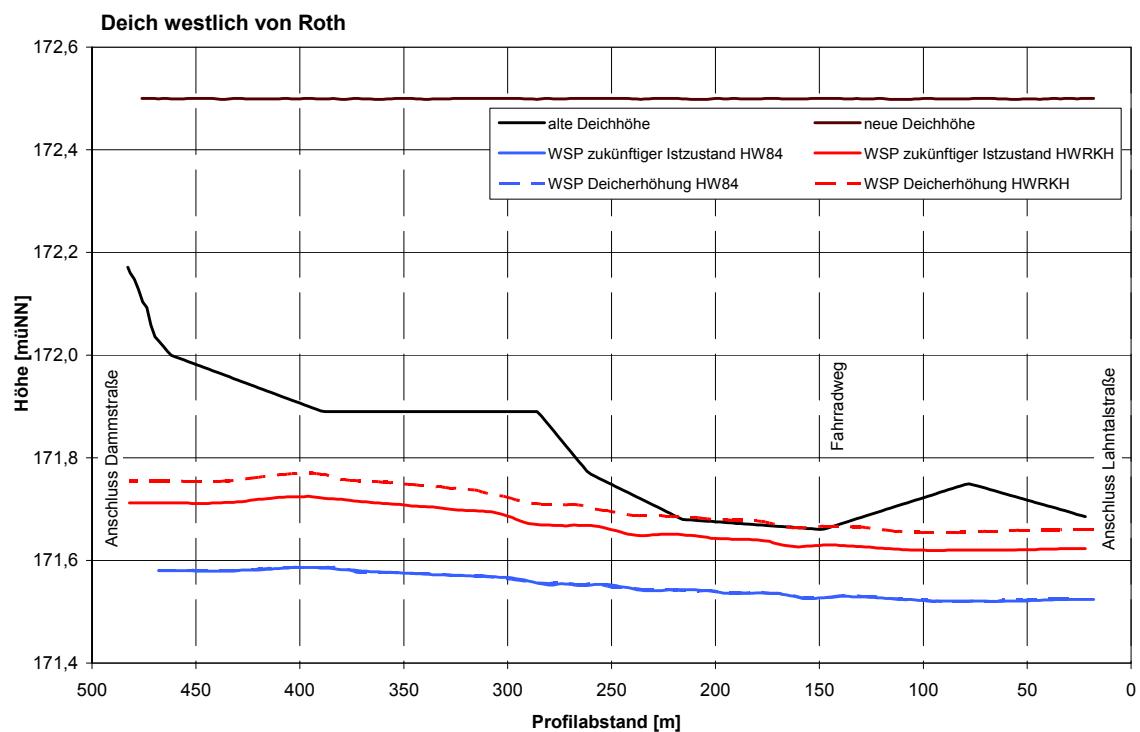


Abb. 7-50: Wasserspiegellängsschnitt am Deich westlich von Roth (Veränderungen durch Szenario 6)

## 7.8 Szenario 7 – Eindeichung südlich Argenstein

Im Szenario 7 wird unterstrom der Ortslage Argenstein eine zusätzliche Fläche eingedeicht. Dieses Areal, das in Abb. 7-51 hervorgehoben ist, könnte z. B. für die Schaffung neuer Bauplätze und somit für die Vergrößerung des Ortes genutzt werden und ist somit nicht als Hochwasserschutzmaßnahme anzusehen. Die Deichhöhe des neuen Deiches beträgt 173,3 müNN. Zudem wurde aufgrund der zu erwartenden Erhöhung des Wasserspiegels entlang der Ortschaft Argenstein die Geländehöhe in der Lücke der Hochwasserschutzmauer südlich der Mühle um knapp 20 cm (auf 173,23 müNN) erhöht, um zumindest für das Abflussereignis HW<sub>84</sub> ein Einströmen des Wassers in die Ortschaft zu vermeiden. Zur Erreichung dieses Ziels muss die ca. 1 m lange Lücke oberstrom des Mühlhauses in Argenstein (die in den bisherigen Szenarien im hydraulischen Modell vernachlässigt wurde, da dies nahezu keinen Einfluss auf die Ergebnisse hatte) ebenfalls geschlossen werden. Auf eine weitere Erhöhung, ausgerichtet am HW<sub>RKH</sub>, wurde hier, wegen der Vergleichbarkeit der Szenarien und um die Auswirkungen der einzelnen Maßnahme besser ermitteln zu können, verzichtet. Die Abb. 7-52 zeigt die mit diesem Szenario einhergehenden Veränderungen des Berechnungsnetzes.



Abb. 7-51: zusätzlich eingedeichte Fläche südlich Argenstein (Luftbild: HVBG 2008)

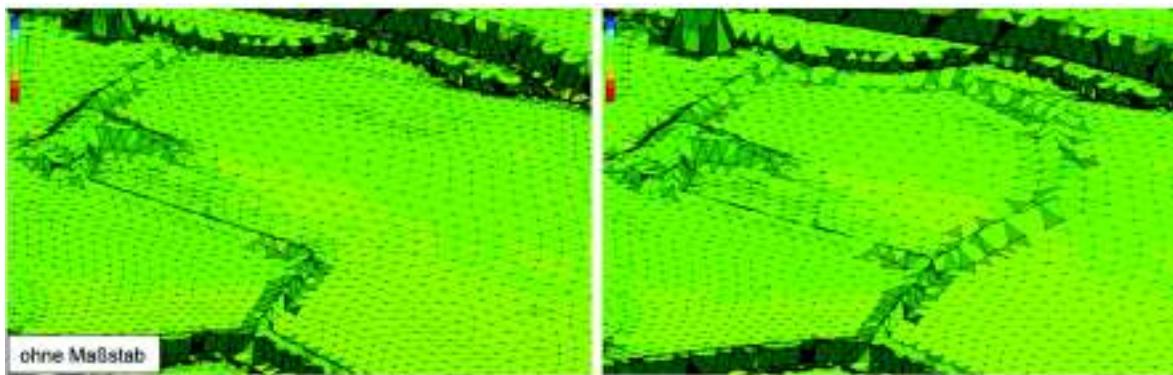


Abb. 7-52: Fläche südlich von Argenstein – links: zukünftiger Istzustand und rechts: Szenario 8 (überhöhte Darstellung)

Die Ergebnisse für dieses Szenario zeigen eine Verschlechterung der Hochwassersituation in Argenstein. Der Wasserstand erhöht sich für beide Abflussszenarien z. T. um über 30 cm. Die Abb. 7-53 zeigt die Anstiege der Wasserstände im Gewässerlauf der Lahn und in Abb. 7-54 und Abb. 7-55 sind die räumlichen Ausdehnungen der Erhöhung, die sich jeweils auch entlang der Allna erstreckt, zu erkennen. Die starke Erhöhung des Wasserstandes durch dieses Szenario ist darin begründet, dass große Teile der neu eingedeichten Fläche im zukünftigen Istzustand noch stark durchströmt werden und somit abflussrelevant sind. Der abflusswirksame Bereich wird durch die Eindeichung somit verkleinert und es kommt zu den oben beschriebenen Wasserspiegelerhöhungen. Bei Bedarf wäre zu untersuchen, ob und wie durch eine geometrische Optimierung der Eindeichung (Eindeichung einer modifizierten Fläche) die Wasserspiegelerhöhung verringert wird. Neben den Erhöhungen sind auch Bereiche, die unterstrom der zusätzlich eingedeichten Fläche liegen, mit einer Absenkung des Wasserspiegels zu erkennen. Eine Ursache hierfür ist beim HW<sub>RKH</sub>, dass aufgrund des erhöhten Wasserstandes nördlich von Argenstein eine größere Wassermenge über die Deiche ins Vorland westlich von Argenstein fließen kann und sich somit der Abfluss im Lahnlauft selbst verringert. Das veränderte Strömungsbild (z. T. andere Strömungsrichtungen) direkt unterstrom der neu eingedeichten Fläche ist ebenfalls ein Grund für die Absenkung des Wasserspiegels in diesem Bereich.

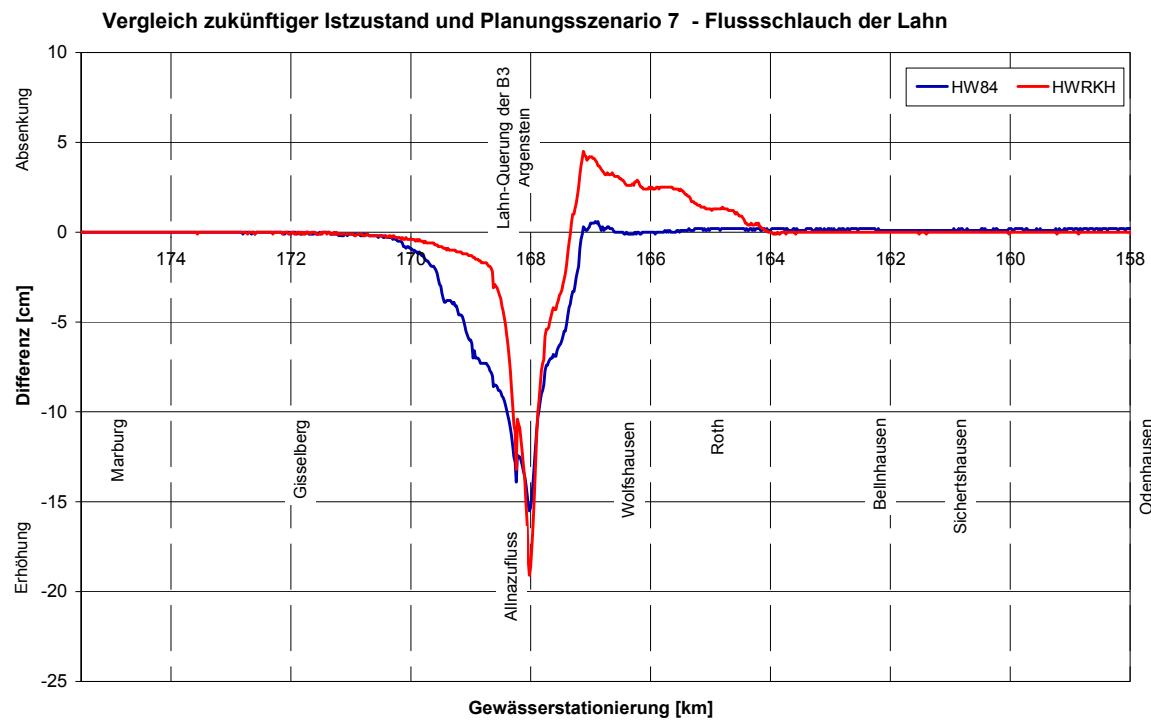


Abb. 7-53: Längsschnitt der Differenz des Wasserspiegels in der Lahn für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 7

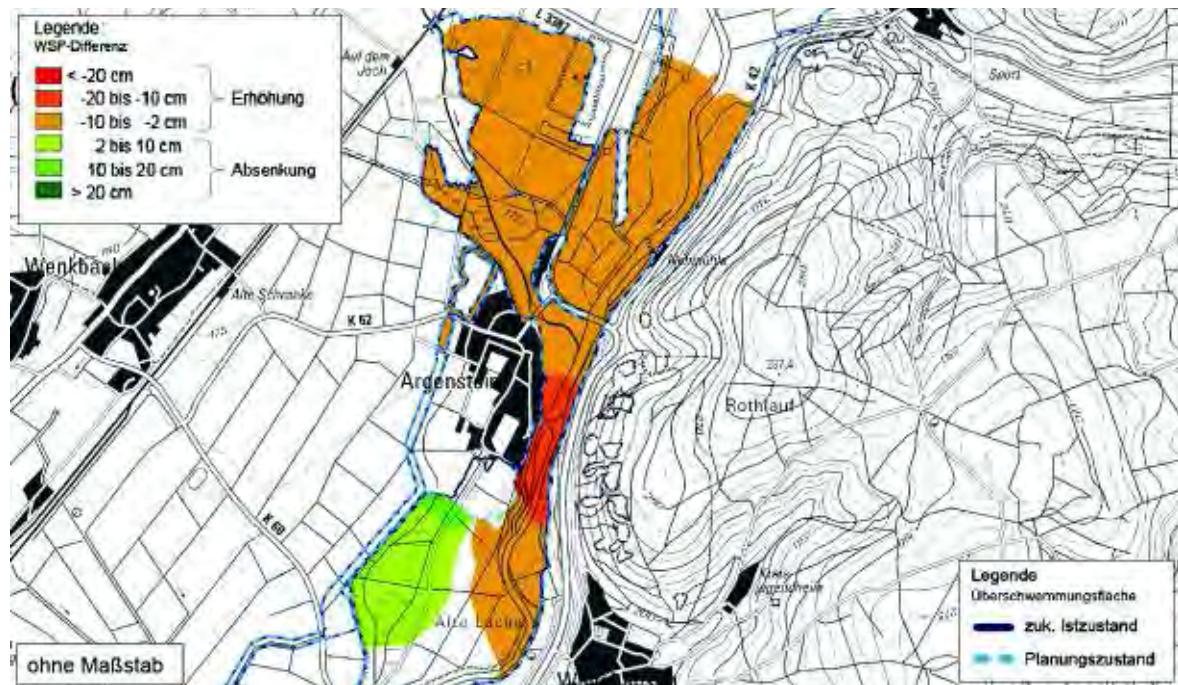


Abb. 7-54: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 7

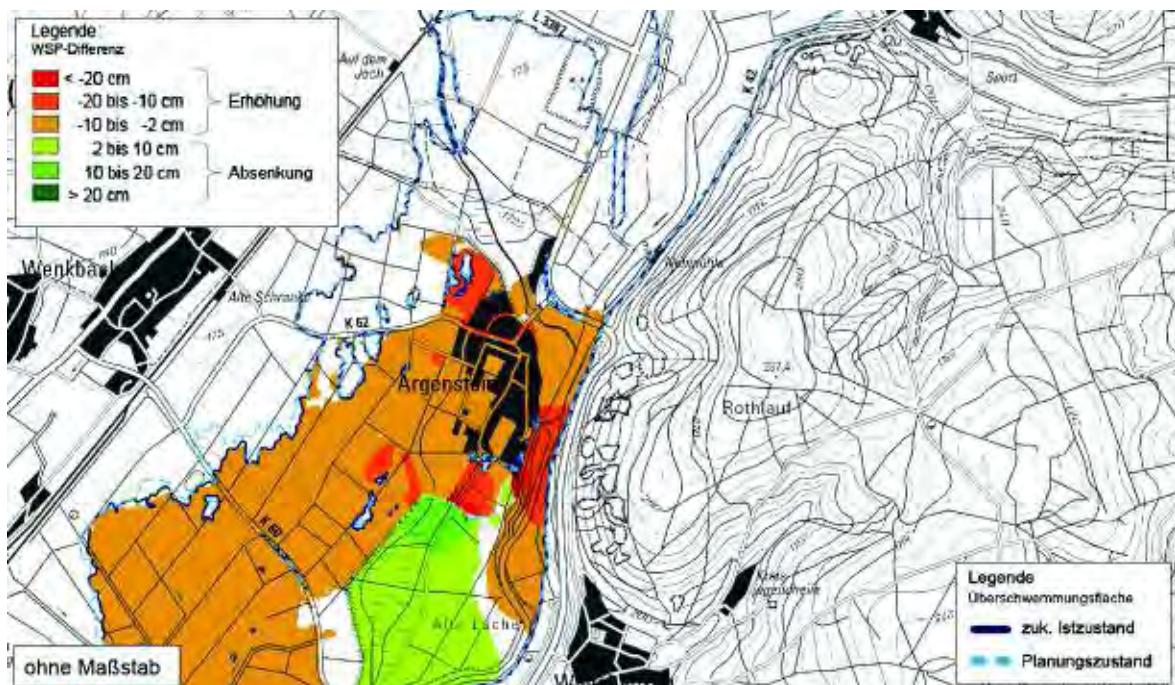


Abb. 7-55: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>RKH</sub>: zuk. Istzustand minus Szenario 7

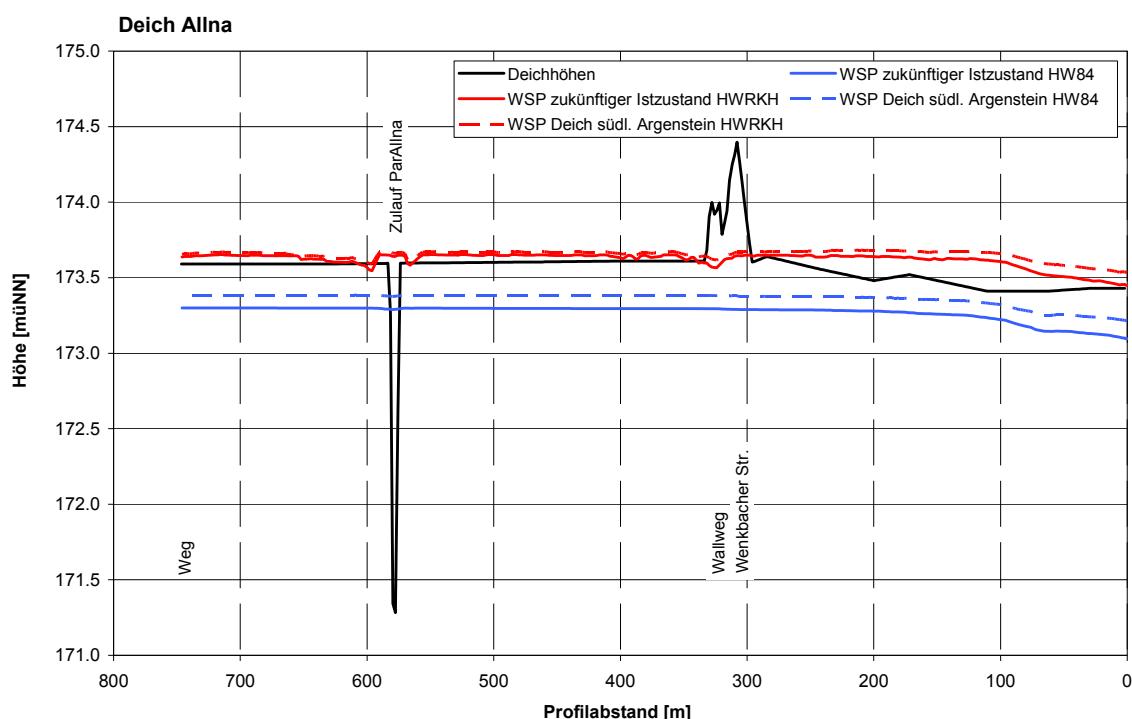


Abb. 7-56: Wasserspiegellängsprofile am Deich Allna (Veränderungen durch Szenario 7)

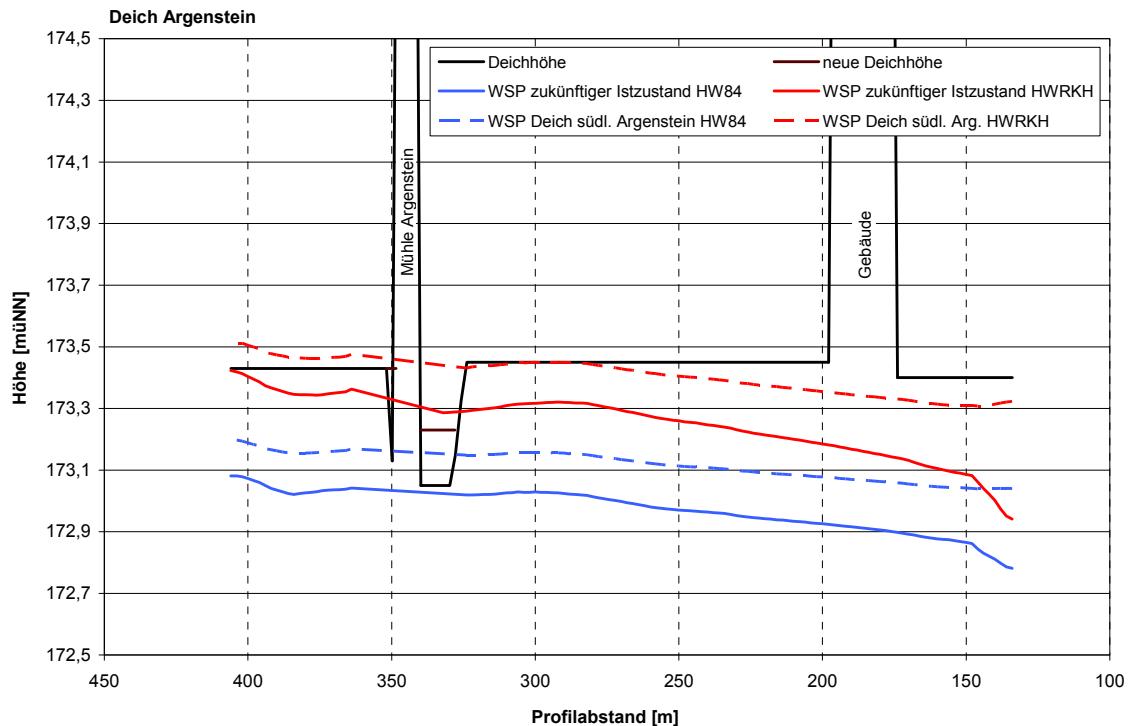


Abb. 7-57: Wasserspiegellängsprofil am Deich Argenstein (Veränderungen durch Szenario 7)

In Abb. 7-56 und Abb. 7-57 sind die Wasserspiegel entlang der Deiche um Argenstein dargestellt. Auch hier erkennt man die Erhöhung des Wasserstandes aufgrund der neu eingedeichten Fläche deutlich.

Bei der Simulation des HW<sub>84</sub> ergibt sich am unteren Rand des Untersuchungsgebietes auch für dieses Szenario im Bezug auf die Abflussganglinie keine merkbare Veränderung.

## 7.9 Szenario 8 – Polder

### 7.9.1 Allgemeines

Im Szenario 8 wird die Wirkungsweise verschiedener Polderstandorte analysiert. Dabei wird sowohl der Einfluss einzelner Polder als auch die Kombination unterschiedlicher Polder untersucht. Da für das HW<sub>RKH</sub> keine Informationen über den zeitlichen Verlauf der Abflusswelle vorlagen (stationäre Betrachtung), wird dieser Abfluss bei den Poldervarianten, die auf die Dämpfung der Abflusswellen abzielen, nicht mehr betrachtet. Stattdessen wird das HW<sub>Generiert</sub> in die Polderanalysen mit einbezogen. Folgende Flächen kommen als potentielle Standorte für die Anlage großflächiger Polder (vgl. Abb. 7-58) in Frage:

- linksseitig der Lahn südlich von Marburg zwischen der Lahn und der B 3 bzw. der Main-Weser-Bahn (als Polder Marburg bezeichnet)

- rechtsseitig der Lahn zwischen der Steinmühle und dem neu zu erstellenden Rückstaudeich im Zuge der Baumaßnahmen an der B 3 (als Polder Steinmühle bezeichnet)
- südwestlich der Ortslage Argenstein bis zur K 62 bzw. K 60 (als Polder Argenstein bezeichnet)
- nordwestlich der Ortslage Roth zwischen der Flutmulde und der Main-Weser-Bahn zwischen den K 59 und K 60 (als Polder Roth bezeichnet)
- nordwestlich der Kläranlage bei Roth zwischen der K 59 und dem Holzhäuser Bach (als Polder Kläranlage Roth bezeichnet)
- rechtsseitig der Lahn zwischen dem vorhandenen Deich und der Main-Weser-Bahn, südlich des Holzhäuser Baches und nördlich der L 3048 (als Polder Bellnhäuser bezeichnet)
- rechtsseitig der Lahn zwischen der L 3048 und der Main-Weser-Bahn (als Polder Fronhausen bezeichnet).

Der Bereich südwestlich der Ortslage Argenstein bis zur K 62 bzw. K 60 wurde bei den weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt. Zum einen fließt hier die ParAllna hindurch, was eine Poldererstellung in diesem Bereich erschwert. Zum anderen ist dieses Gebiet als zukünftiges Kiesabbaugebiet ausgewiesen. Analog verhält es sich für den Bereich nordwestlich der Ortslage Roth. In diesem Gebiet käme für eine Poldererstellung erschwerend hinzu, dass der Wenk- und der Walgerbach diesen Bereich kreuzen. Schließlich ist auch das Gebiet nordwestlich der Kläranlage bei Roth zwischen der K 59 und dem Holzhäuser Bach bei den Polderbetrachtungen nicht berücksichtigt worden. Auch in diesem Bereich liegt die ParAllna zwischen der Polderfläche und der Lahn. Durch eine geschickte Wahl des Zuflussbereiches zum Polder im Bereich des Teiches südlich der K 59, an dem es im zukünftigen Istzustand schon eine Verbindung zwischen ParAllna und Lahn gibt, würde keine zusätzliche Kreuzung der beiden Abflusssströme entstehen. Da jedoch eine Verschärfung der Inselsituation der Kläranlage Roth durch einen künstlichen Aufstau des Wasserspiegels in einem Polder auf der lahnabgewandten Seite der Kläranlage vermieden werden sollte, ist dieser Polder aus den weiteren Betrachtungen außen vorgelassen worden. Bei den zuvor dargelegten Deichschleifungsmaßnahmen ist die Inselsituation in Kauf genommen worden, da es sich hier entsprechend dem jeweiligen Abfluss um geringere Wassertiefen handelt.

Für die weiteren vier Bereiche wurde die hydraulische Wirkung im Modell analysiert. Hierbei ist keine optimale Polderform definiert worden, sondern vielmehr wurde auf den vorhandenen Topographien aufgebaut. Das genaue Vorgehen und die Wirkung der Polder wird im Folgenden für die einzelnen Rückhalte und schließlich für deren Kombination aufgeführt. Die Polder werden in den jeweiligen Modellierungen in der Regel ungesteuert abgebildet. Lediglich für den Polder Bellnhäuser ist neben der ungesteuerten auch eine gesteuerte Betriebsweise exemplarisch simuliert worden, um grob aufzuzeigen, welche Abflussreduzierungen durch eine Steuerung im Vergleich zu einem ungesteuerten Polder erreicht werden können (vgl. Kapitel 7.9.4).

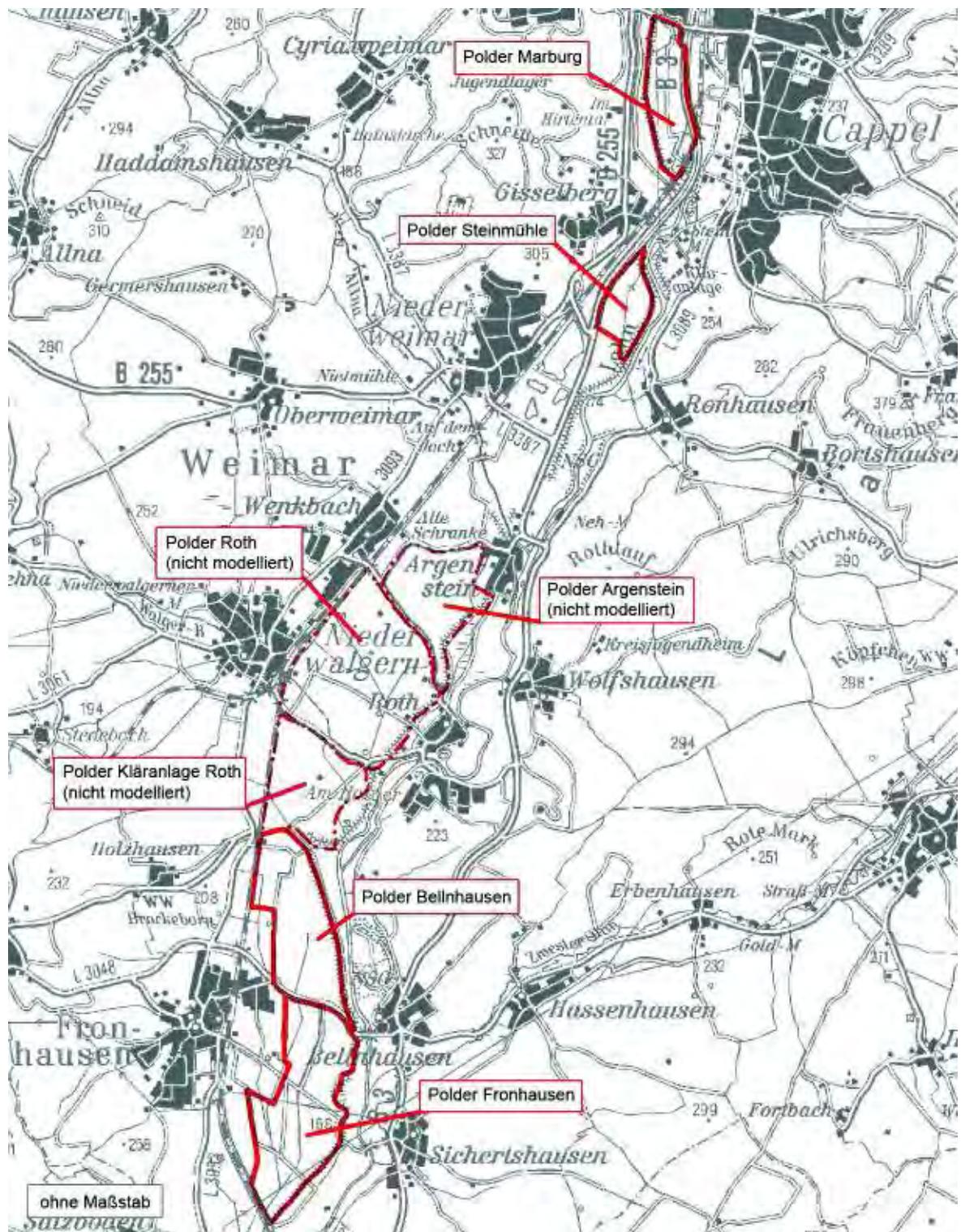


Abb. 7-58: Potentielle Polderflächen

## 7.9.2 Polder Marburg

Der Polder Marburg liegt südlich von Marburg in dem Bereich linksseitig der Lahn zwischen dem bestehenden Deich und der B 3 bzw. der Main-Weser-Bahn (vgl. Abb. 7-59). Zur Poldermodellierung wurde an dieser Stelle der bereits vorhandene Deich genutzt, der auf 178,5 müNN erhöht wurde. Diese Höhe entspricht dem Wasserspiegel des HW<sub>RKH</sub> bei einem stationären Abfluss im Zulaufbereich des Polders. Nördlich des Hundeplatzes wurde bei diesem Polder - wie bei allen anderen Poldern auch – im Modell eine Deichscharte über 30 m, die mind. 20 cm tiefer liegt als der übrige Deich, integriert. Diese Notentlastung gewährleistet einen gezielten Abfluss des Wassers bei einem Kompletteinstau. Dabei sind die Größen der Dammscharten nicht bemessen worden, sondern sie sollen lediglich auf die Möglichkeit bzw. die Notwendigkeit einer solchen Baumaßnahme hinweisen. Bei einer konkreten Planung ist hier eine detailliertere Analyse durchzuführen.



Abb. 7-59: Polder Marburg (rote Linie) (Luftbild: HVBG 2008)

Als weitere Begrenzungen des Polders dienen die B 255, die B 3 und die Main-Weser-Bahn. Im Kreuzungsbereich der beiden letztgenannten Verkehrslinien und ca. 70 m weiter südlich entlang der Bahntrasse ist – je nach gewünschtem Freibord – ein neuer Deich mit der Höhe 178,5 müNN aufzuschütten. Ebenso sind weitere Öffnungen der Straßen- bzw. des Bahndamms zu schließen, wie z. B. der Durchlass unter der B 255 bei Marburg („Am Krekel“). Im Zulaufbereich des Polders, der direkt südlich der B 255 liegt, wurde der vorhandene Damm über knapp 50 m komplett abgetragen.

Ein Abflussbauwerk und somit eine gezielte Polderentleerung ist für diesen wie für alle weiteren Polder nicht modelliert worden, da in dieser Untersuchung lediglich die Scheitelreduzierung untersucht wird. Lediglich durch die ungesteuerten Zulaufbereiche werden die Polder teilweise entleert, nachdem die Abflussspitze erreicht wurde und die Wassersstände in der Lahnaue sinken und somit das hydraulische Gefälle z. T. vom Polder in den

Flussschlauchbereich hin abfällt. Die Geländeoberkante innerhalb der Polderfläche bleibt im Vergleich zum Istzustand unverändert. Lediglich zwischen dem Gewässerbett der Lahn und dem Polderzufluss wird eine leichte Vertiefung des Geländes von maximal 50 cm modelliert.

Durch die Anlage des ungesteuerten Polders Marburg könnte gemäß der Berechnungsergebnisse beim HW<sub>84</sub> der Abflussscheitel von ca.  $Q = 317 \text{ m}^3/\text{s}$  vor dem Polder auf ca.  $Q = 303,5 \text{ m}^3/\text{s}$  direkt nach dem Polder reduziert werden (vgl. Abb. 7-60). Am unteren Ende des Untersuchungsgebiets beträgt die Scheitelreduzierung durch den Polder Marburg (im Vergleich zum zukünftigen Istzustand) noch  $\Delta Q = 11 \text{ m}^3/\text{s}$  (vgl. Abb. 7-61). Die zeitliche Verzögerung des Wellenscheitels am unteren Untersuchungsrand beträgt etwas weniger als 15 Minuten.

Durch die Reduzierung des Wellenscheitels ergibt sich für das HW<sub>84</sub> im gesamten Untersuchungsgebiet unterstrom des Polders Marburg ein bis zu 6 cm reduzierter maximaler Wasserspiegel (vgl. Abb. 7-62).

Im Polder stellt sich für das HW<sub>84</sub> maximal eine Wassertiefe von ein bis zwei Metern ein. Insbesondere im mittleren Bereich des Polders sind die Wassertiefen noch geringer und betragen teilweise nur wenige Dezimeter. Das vom Polder Marburg zurückgehaltene Wasservolumen beläuft sich auf 371000 m<sup>3</sup> bei einer benetzten Fläche von 473000 m<sup>2</sup> (47,3 ha) und somit einer mittleren Fließtiefe von 0,78 m. Die geringen mittleren Wassertiefen im Polder resultieren daraus, dass, wie bereits aufgeführt, bei diesen prinzipiellen Untersuchungen an den Polderstandorten keine Anpassung der Geländetopografie vorgenommen wurde. Somit wurde keine Erdmassenentnahme bzw. -verlagerung durchgeführt. Dieser Optimierungsprozess ist dann durchzuführen, wenn der mögliche Standort feststeht bzw. festzulegen ist. Der beschriebene Sachverhalt gilt sowohl für den Polder Marburg als auch für die nachfolgenden Polder.

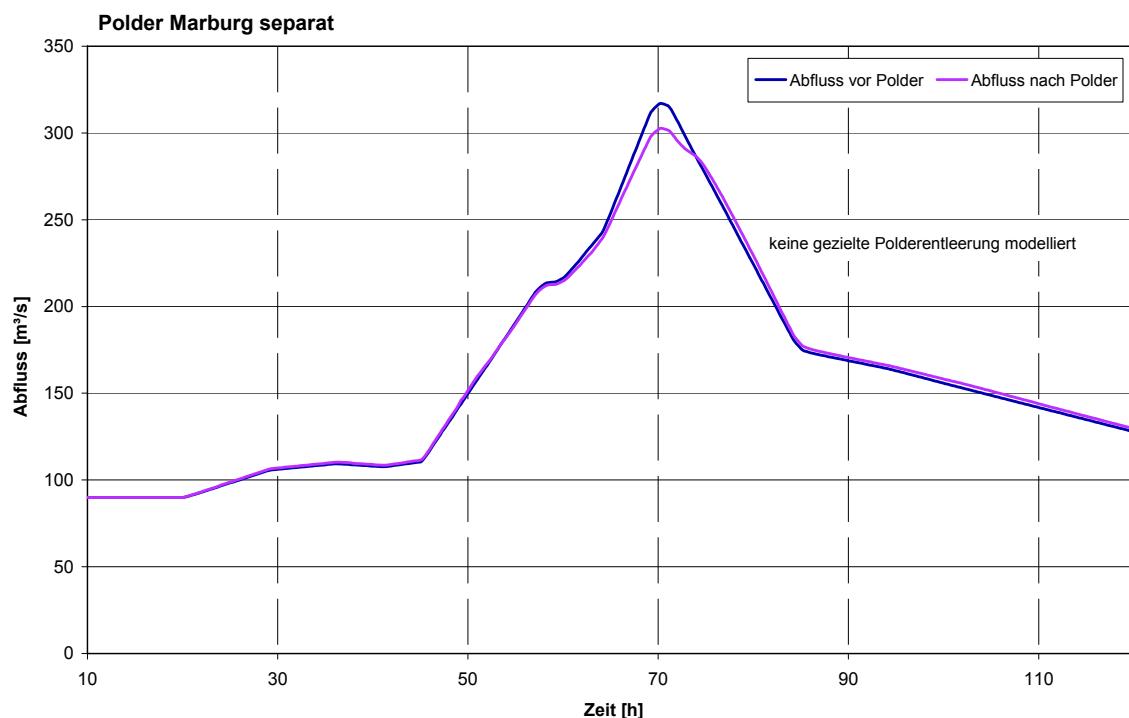


Abb. 7-60: Scheitelreduzierung direkt am Polder Marburg für HW<sub>84</sub>

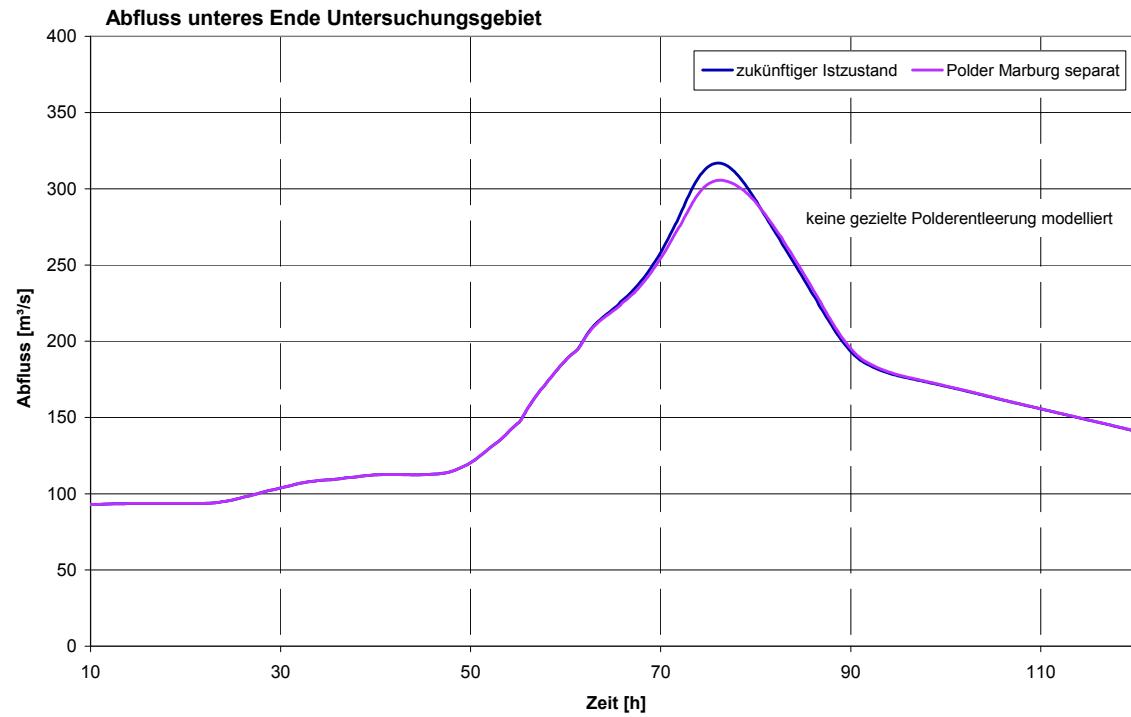


Abb. 7-61: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>84</sub> – Polder Marburg

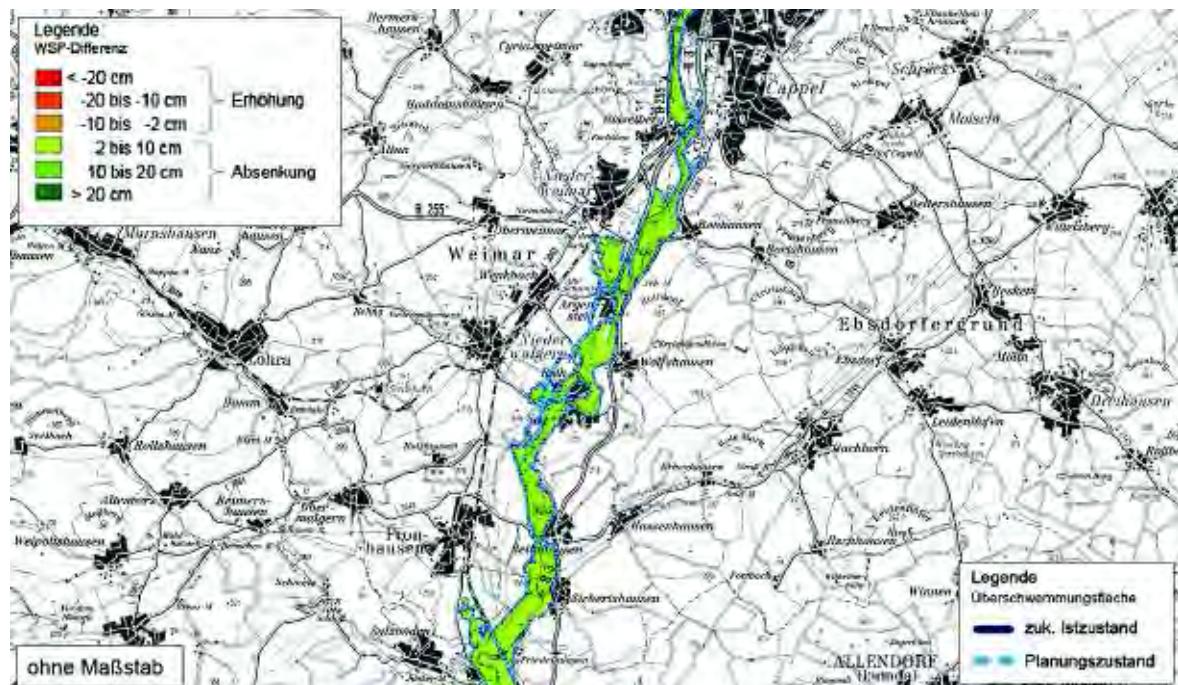


Abb. 7-62: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Polder Marburg

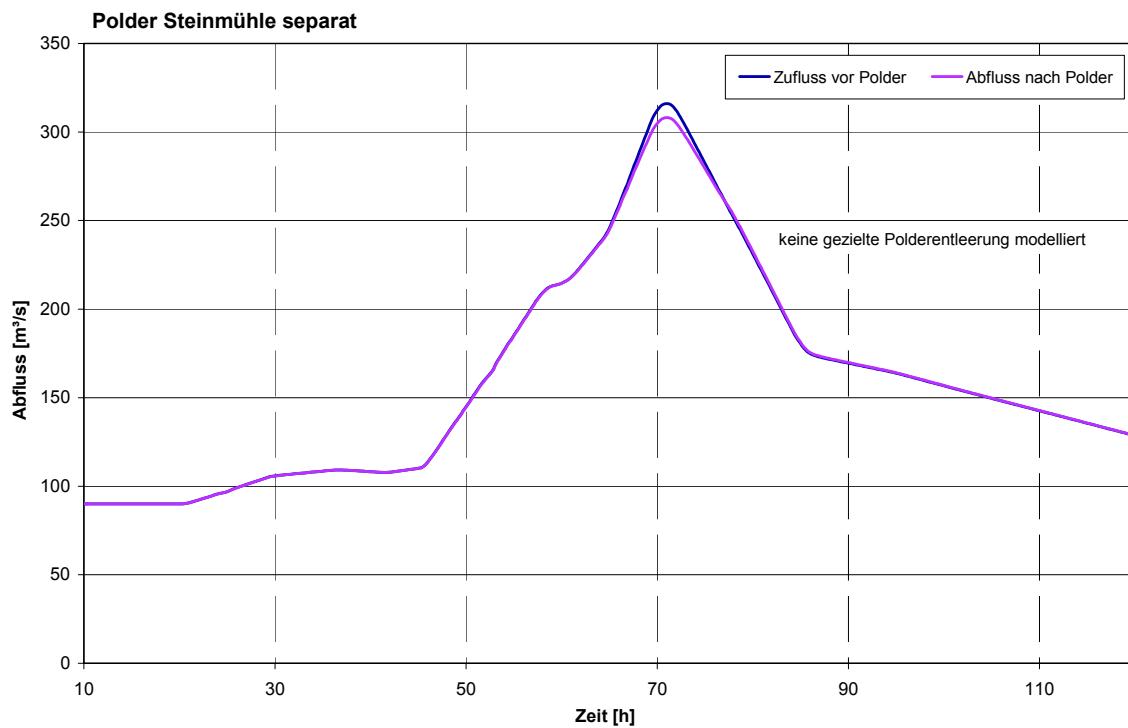
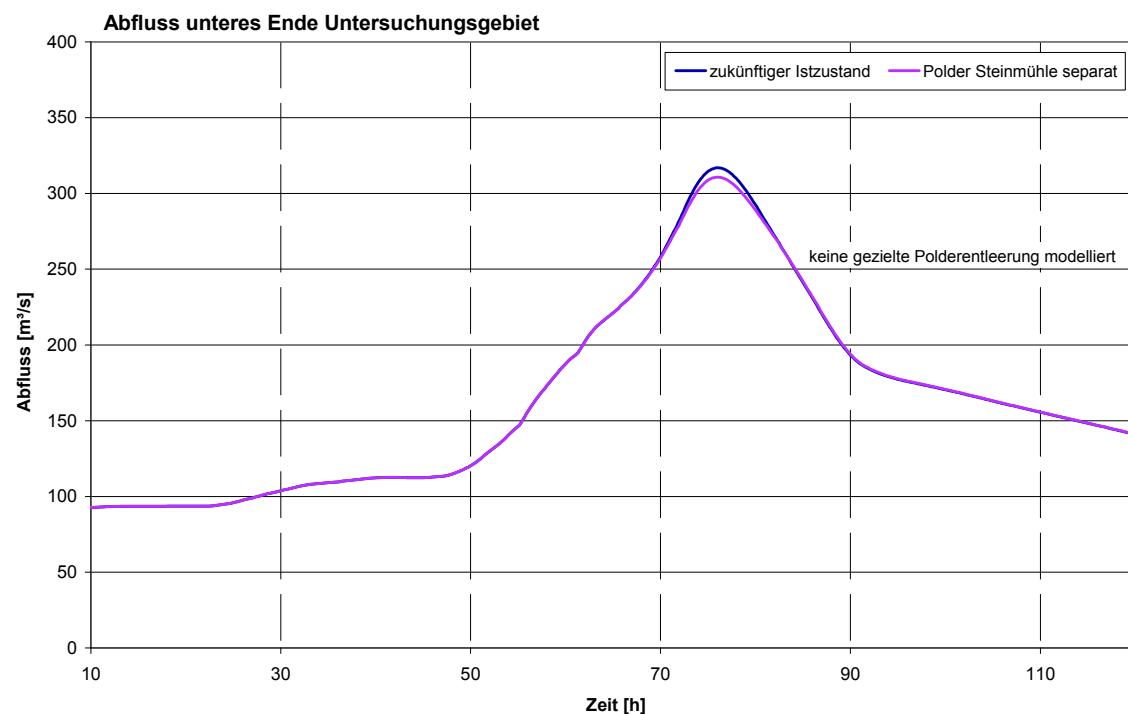
### 7.9.3 Polder Steinmühle

Der Polder Steinmühle befindet sich südlich der Steinmühle im rechtsseitigen Vorland der Lahn (vgl. Abb. 7-63). Begrenzt wird dieses Areal durch den Straßendamm der B 3, den neuen Deich, der aufgrund der Baumaßnahmen an der B 3 erstellt werden soll und den schon bestehenden Hochwasserschutzbauwerk. Die Dämme werden dabei an den Stellen, an denen sie tiefer liegen, auf die Höhe 175,9 müNN erhöht. Diese Erhöhung ist dabei nicht wie beim Polder Marburg auf den Wasserstand des HW<sub>RKH</sub> im Zulaufbereich ausgerichtet, sondern auf die geringste Straßenhöhe des neuen Straßendamms der B 3 (Ver- nachlässigung der Querneigung). Dadurch soll für den Katastrophenfall die Möglichkeit erhalten bleiben, dass eine Strömung über den Straßendamm von der Lahn abgewandten Seite in die Lahn zugewandte Seite erfolgen kann, ohne dabei einen noch höheren Anstau auf der Lahn abgewandten Seite zu erfahren (wie im Istzustand bei der stationären Berechnung des HW<sub>RKH</sub>). Der Zulaufbereich des Polders befindet sich auf Höhe des Lahn-km 171,9 und ist knapp 50 m breit. Analog zum Polder Marburg wird der hier bestehende Deich komplett abgetragen. Direkt hinter dem Zulaufbereich ist im DGM das Gelände auf einer Fläche von 60 x 20 m um maximal 0,5 m herabgesetzt worden. Das weitere Gelände im Polder bleibt im Vergleich zum Istzustand unverändert.



Abb. 7-63: Polder Steinmühle (rote Linie) (Luftbild: HVBG 2008)

Bei dem HW<sub>84</sub> reduziert sich der Wellenscheitel von  $Q = 316 \text{ m}^3/\text{s}$  direkt vor dem Polderzulauf auf  $Q = \text{ca. } 308 \text{ m}^3/\text{s}$  hinter dem Polderzulauf (vgl. Abb. 7-64). Im Vergleich zum zukünftigen Istzustand verringert sich der Wellenscheitel am Ende des Untersuchungsgebietes noch um  $\Delta Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Eine zeitliche Verzögerung der Ankunft der Wellenspitze am unteren Rand des Untersuchungsgebietes ist nicht zu erkennen (vgl. Abb. 7-65).

Abb. 7-64: Scheitelreduzierung direkt am Polder Steinmühle für HW<sub>84</sub>Abb. 7-65: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>84</sub> – Polder Steinmühle

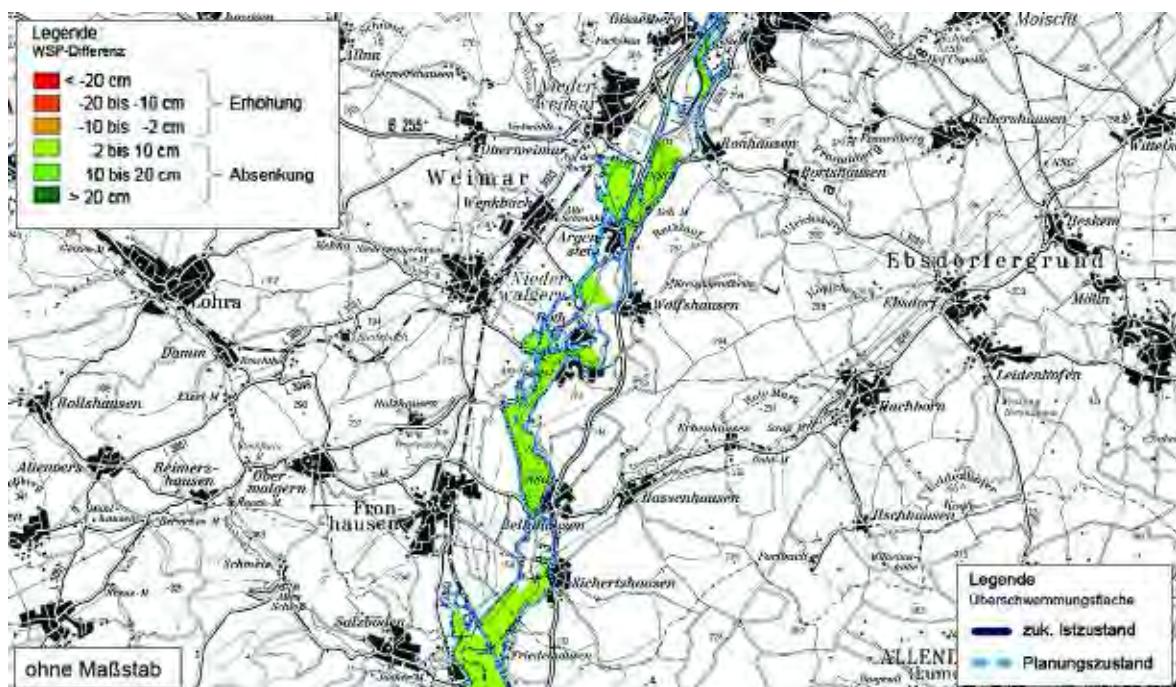


Abb. 7-66: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das Hochwasser 1984: zuk. Istzustand minus Polder Steinmühle

Aufgrund des um knapp 2 % verringerten Spitzenabflusses ( $HW_{84}$ ) ergeben sich unterstrom der Steinmühle bis zum Ende des Untersuchungsgebietes Wasserspiegelabsenkungen von bis zu 3 cm (vgl. Abb. 7-66).

Die Wassertiefen für das  $HW_{84}$  betragen im südlichen Polderbereich maximal ein bis zwei Meter, im nördlichen Polderabschnitt dagegen sind es teilweise nur wenige Dezimeter. Der gefüllte Polder beinhaltet ein Wasservolumen von 191000 m<sup>3</sup> bei einer Überschwemmungsfläche von 289000 m<sup>2</sup> (28,9 ha) und einer mittleren Fließtiefe von 0,66 m.

### 7.9.4 Polder Bellnhausen

Der Polder Bellnhausen befindet sich rechtsseitig der Lahn, südlich des Holzhauser Baches und nördlich der L 3048 (vgl. Abb. 7-67). Begrenzt wird er zum einen durch den vorhandenen Flussdeich, einem neu zu erstellenden Damm parallel der L 3048, einem neu zu erstellenden Damm um das zukünftige Industriegebiet nördlich von Fronhausen und die in diesem Bereich als undurchlässig angesehene Bahntrasse, die sich nördlich des neuen Industriegebietes anschließt. Der vorhandene Hochwasserschutzdeich ist auf 170,30 müNN erhöht worden. Die gleiche Höhe wurde für die neu zu erstellenden Deiche angesetzt. Diese Deichhöhe orientiert sich analog zum Polder Marburg an dem Wasserspiegel des HW<sub>RKH</sub>. Aufgrund eines natürlichen Geländeanstieges ist dieser Polder im nördlichen Bereich nicht durch eine Dammstruktur zu begrenzen bzw. liegen einige Teilflächen im nördlichen Polderbereich über der neuen Deichhöhe (bzw. der Notentlastung), so dass diese Gebiete durch die Poldererstellung bei den untersuchten Abflüssen nicht überflutet werden.



Abb. 7-67: Polder Bellnhausen (rote Linie) (Luftbild: HVBG 2008)

Der Polder Bellnhausen wurde als ungesteuerter und gesteuerter Polder modelliert. Der knapp 40 m breite Zulaufbereich des ungesteuerten Polders, der durch ein komplettes Abtragen des vorhandenen Deiches entstanden ist, liegt auf Höhe des Lahn-km 163,65. In diesem Bereich liegt eine Vertiefung des Geländes durch einen alten Lahnarm vor, so dass der Zulauf in den Polder ohne weitere Abgrabungen mit ausreichend großen Wassertiefen stattfinden kann. Bei dem gesteuerten Polder beträgt die Breite des Zulaufbereiches (ebenfalls Lahn-km 163,65) nur noch 20 m. Der Zulaufbereich wird bei der Simulation des HW<sub>84</sub> nach dem Erreichen eines Abflusses von  $Q = 290 \text{ m}^3/\text{s}$  und beim HW<sub>generiert</sub> nach dem Erreichen eines Abflusses von  $Q = 340 \text{ m}^3/\text{s}$  kurz oberstrom des Zuflussbereiches innerhalb von 10 Minuten geöffnet. Nach der Öffnung befindet sich kein Einbau mehr

im Zulaufbereich (Absenkung eines möglichen Wehres bis zur Geländeoberkante), so dass die Geländehöhen direkt hinter dem Bauwerk den 20 m breiten Zulaufquerschnitt limitieren. Ein Schließen des Zulaufquerschnittes wurde nicht modelliert.

Die hier gewählte Steuerung des Polders soll nur prinzipielle Unterschiede zwischen einem gesteuerten und einem ungesteuerten Polder verdeutlichen. Eine Optimierung der Steuerung (inkl. einer ggf. möglichen adaptiven Poldersteuerung) ist nicht erfolgt und muss bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt genauer untersucht werden.

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse des ungesteuerten Polders diskutiert. Der Wellenscheitel des  $HW_{84}$  beträgt in diesem Fall vor dem Polderzufluss  $Q = 322 \text{ m}^3/\text{s}$  und nach dem Polderzufluss  $Q = 316 \text{ m}^3/\text{s}$  (vgl. Abb. 7-68). Am unteren Ende des Untersuchungsgebietes wird der Wellenscheitel um  $\Delta Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$  (im Vergleich zum zukünftigen Istzustand) reduziert und es tritt eine zeitliche Verzögerung des Wellenscheitels von über 50 Minuten ein (vgl. Abb. 7-69).

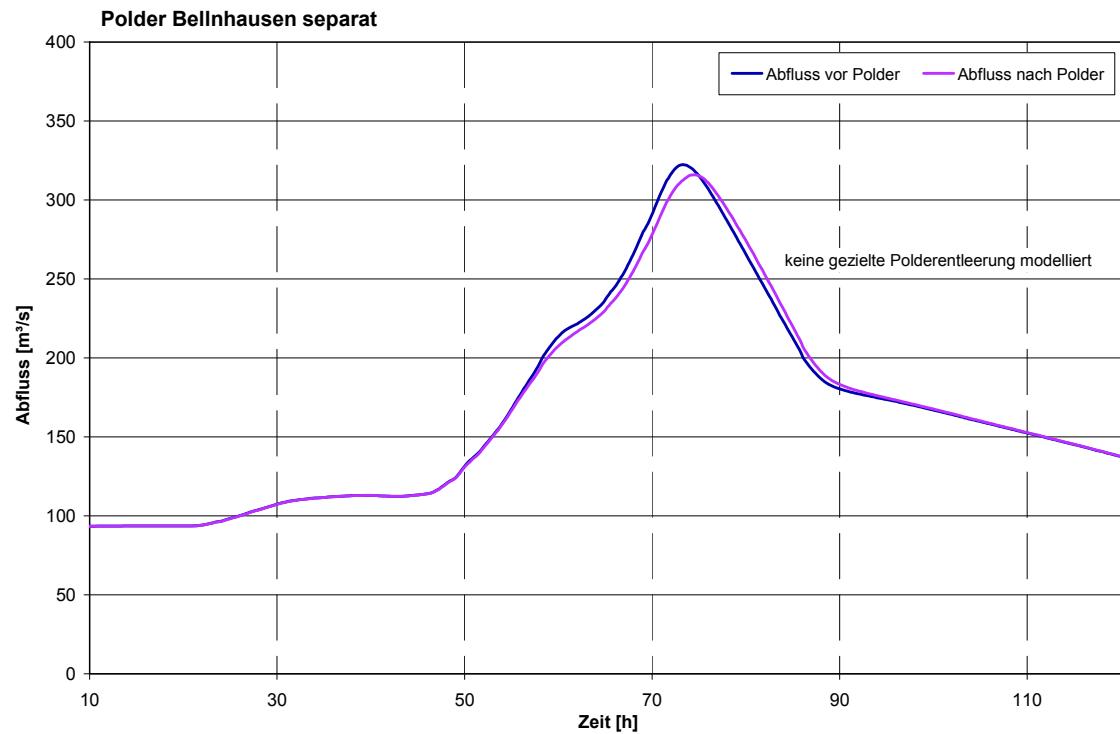


Abb. 7-68: Scheitelreduzierung direkt am Polder Bellnhausen (ungesteuert) für  $HW_{84}$

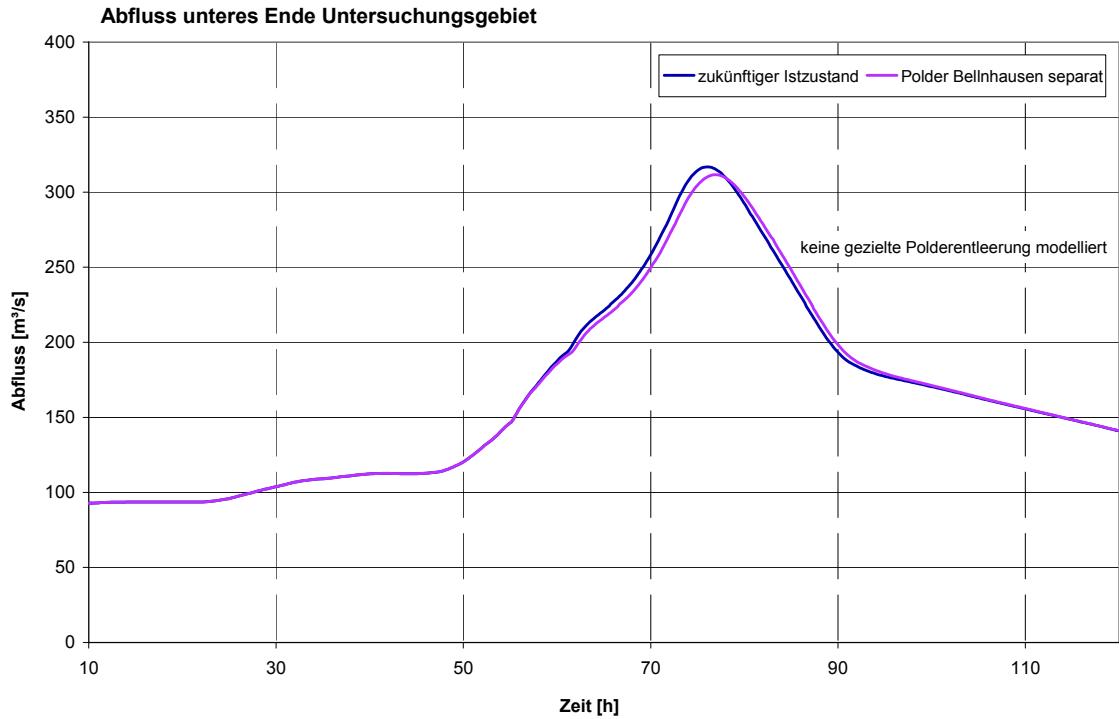


Abb. 7-69: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>84</sub> – Polder Bellnhausen ungesteuert

Die Abflussreduzierung durch den ungesteuerten Polder führt für das HW<sub>84</sub> zu bis zu 3 cm niedrigeren Wasserständen unterstrom des Einlaufbereiches des Polders (vgl. Abb. 7-70).

Die Wassertiefen im Polder Bellnhausen betragen für das HW<sub>84</sub> im Altarm überwiegend ein bis zwei Meter, stellenweise auch über zwei Meter. Die südlichen Flächen des Polders sind größtenteils mit Wassertiefen von 0,5 bis 1 m überflutet. Im restlichen Bereich des Polders liegen die Wassertiefen bei wenigen Dezimetern. Von dem ungesteuerten Polder Bellnhausen wird ein Wasservolumen von 475000 m<sup>3</sup> bei einer benetzten Fläche von 779000 m<sup>2</sup> (77,9 ha) und einer mittleren Fließtiefe von 0,61 m zurückgehalten.

Bei dem gesteuerten Polder Bellnhausen ist die Abflussreduzierung für das HW<sub>84</sub> größer. Diese beträgt  $\Delta Q = 13 \text{ m}^3/\text{s}$  direkt am Polder (Abfluss vor und nach Polder) und  $\Delta Q = 11 \text{ m}^3/\text{s}$  am unteren Ende des Untersuchungsgebietes im Vergleich zum zukünftigen Istzustand (vgl. Abb. 7-71 und Abb. 7-72). Eine zeitliche Verschiebung bzgl. der Ankunft des Wellenscheitels am unteren Ende des Untersuchungsgebietes gibt es nicht.

Die Abflussreduzierung bei dem gesteuerten Polder führt für das HW<sub>84</sub> bis zu ca. 6 cm niedrigeren Wasserständen unterstrom des Polderzuflusses im Vergleich zum zukünftigen Istzustand (vgl. Abb. 7-73). Die Wassertiefen im Polder sind bei dieser Steuerungsvariante ca. 10 cm geringer als bei einem ungesteuerten Polder. Dies ist darin begründet, dass der maximale Wasserspiegel direkt vor dem Polderzulauf niedriger ist. Der reduzierte Abfluss führt unterstrom des Polders zu niedrigeren Wasserständen. Der gesteuerte Polder Bellnhausen beinhaltet bei einer Überschwemmungsfläche von 619000 m<sup>2</sup> (61,9 ha) und einer mittleren Fließtiefe von 0,52 m ein Wasservolumen von 325000 m<sup>3</sup>.

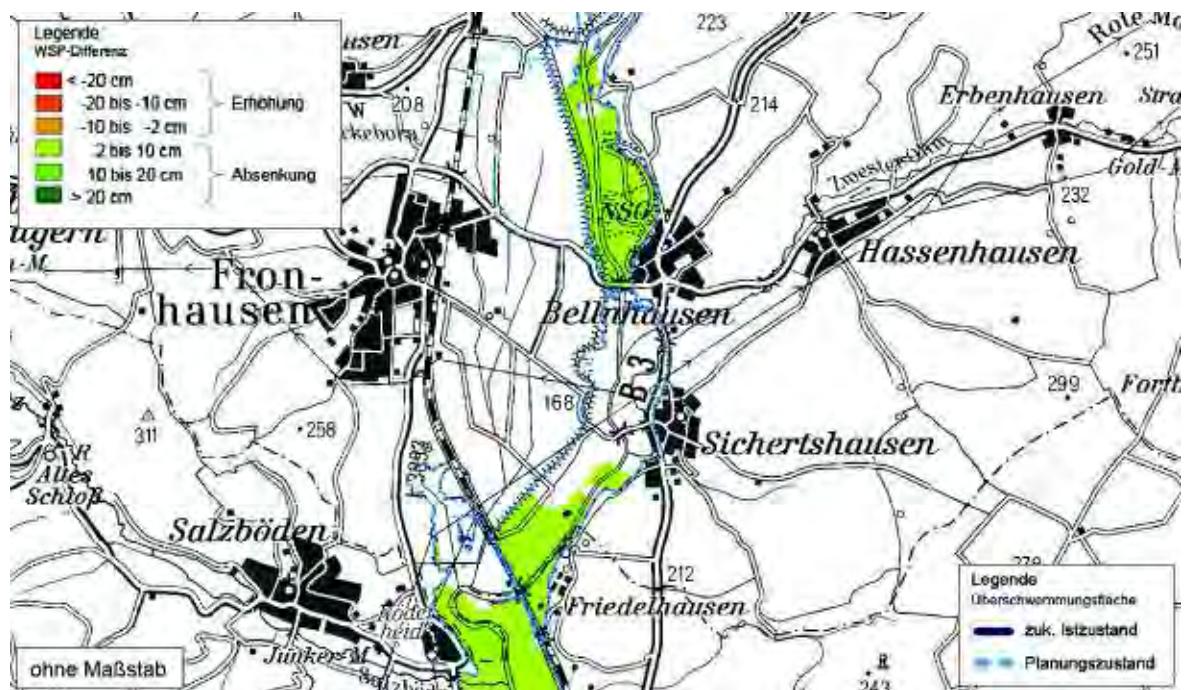


Abb. 7-70: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Polder Bellnhausen ungesteuert

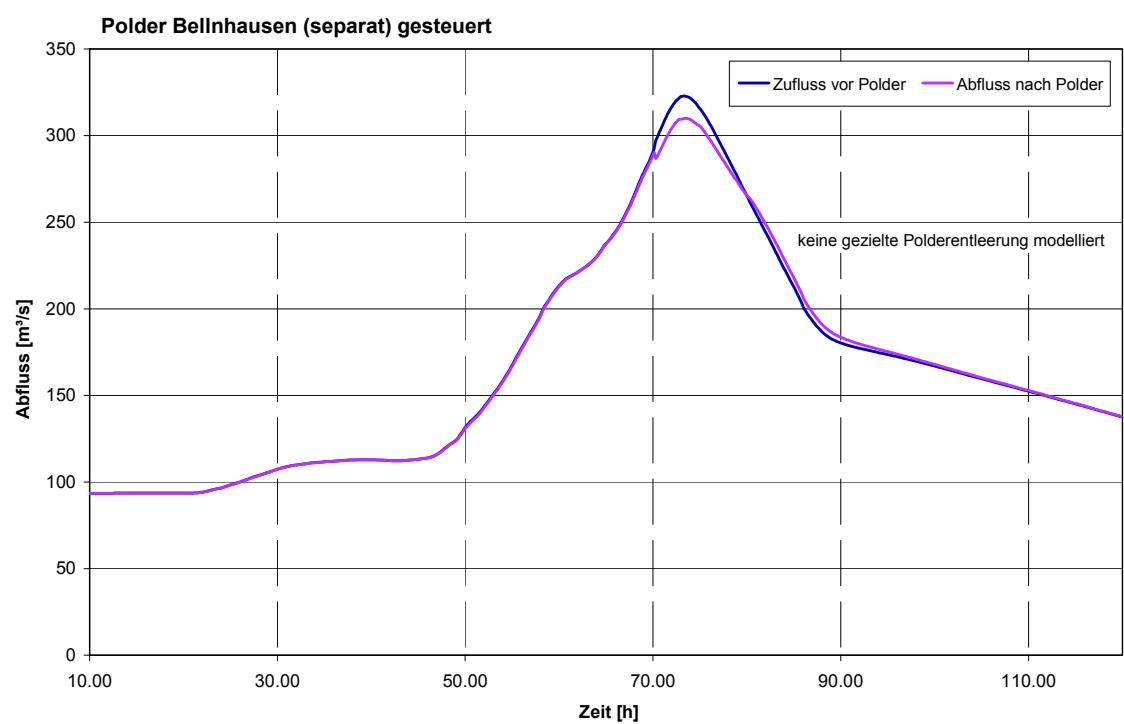


Abb. 7-71: Scheitelreduzierung direkt am Polder Bellnhausen (gesteuert) für HW<sub>84</sub>

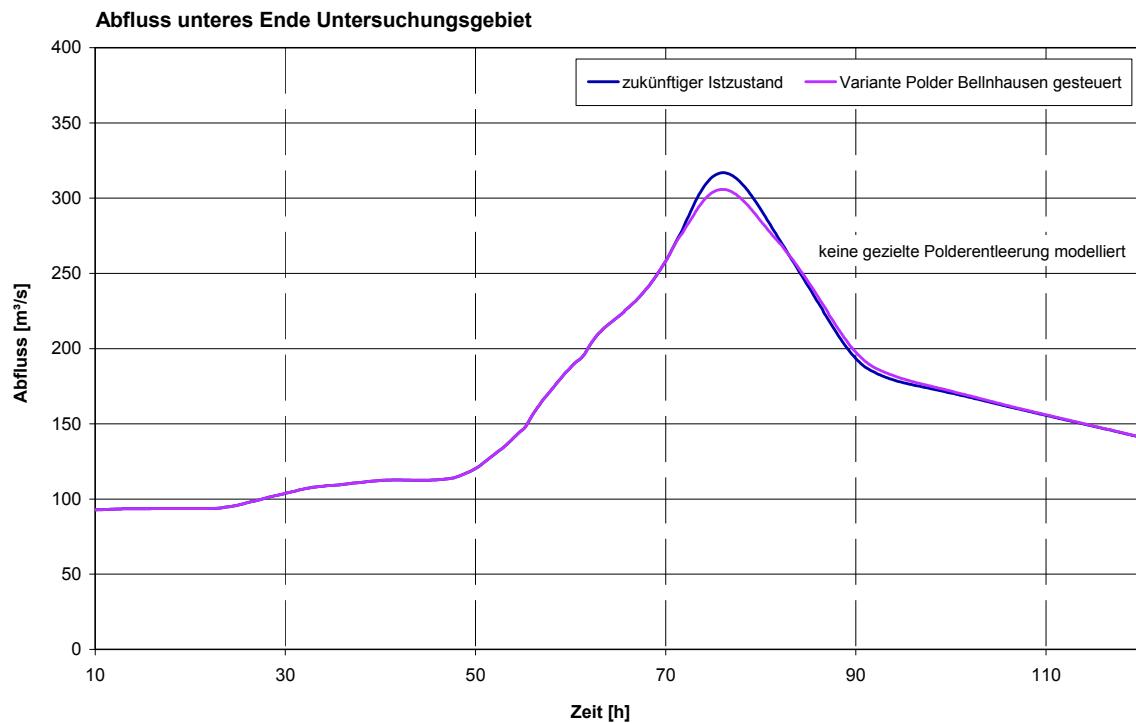


Abb. 7-72: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>84</sub> – Polder Bellnhausen gesteuert

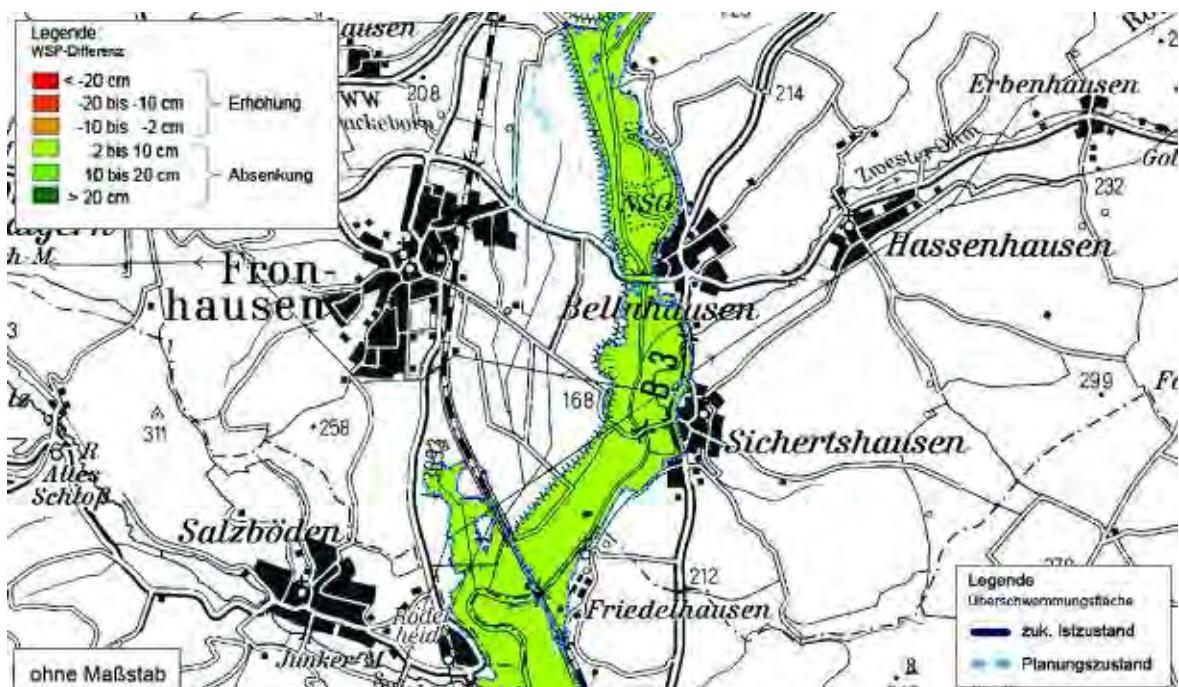


Abb. 7-73: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Polder Bellnhausen gesteuert

Für den Abfluss  $HW_{\text{generiert}}$  wird der Polder Bellnhausen nur gesteuert modelliert (Öffnung Zulaufbereich bei einem Abfluss von  $Q = 340 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Dadurch ergibt sich eine Abflussreduzierung von  $\Delta Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$  direkt am Polder (Abfluss vor und nach Polder) und eine Reduzierung von  $\Delta Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$  am unteren Ende des Untersuchungsgebietes im Vergleich zum zukünftigen Istzustand (vgl. Abb. 7-74 und Abb. 7-75). Eine zeitliche Verzögerung des Wellenscheitels ist hier nicht zu verzeichnen. Durch die Abflussreduzierung ergeben sich bis zu 8 cm niedrigere Wasserstände unterstrom des Polders (vgl. Abb. 7-76).

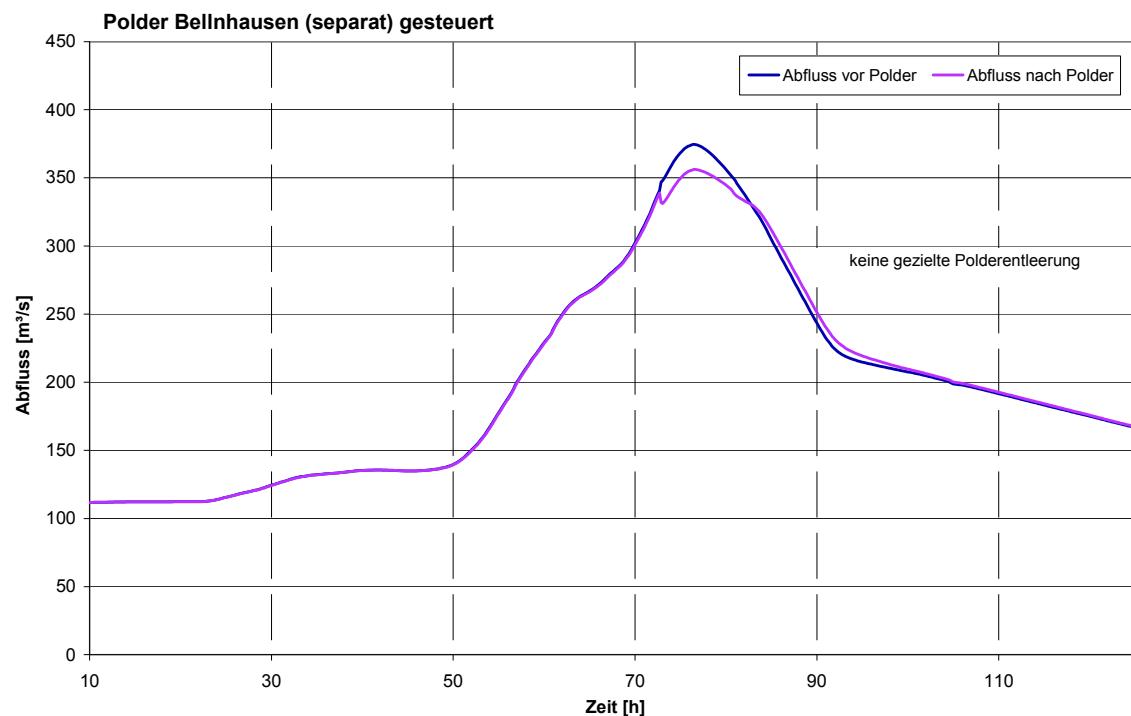


Abb. 7-74: Scheitelreduzierung direkt am Polder Bellnhausen (gesteuert) für  $HW_{\text{generiert}}$

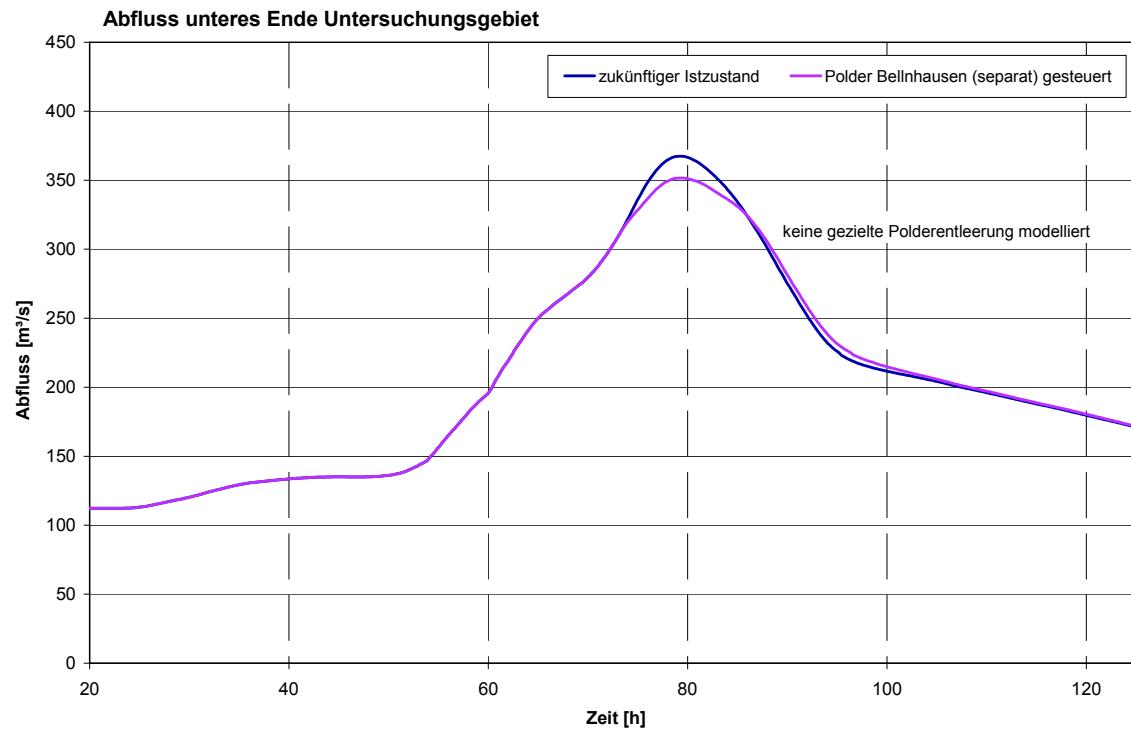


Abb. 7-75: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>generiert</sub> – Polder Bellnhausen gesteuert

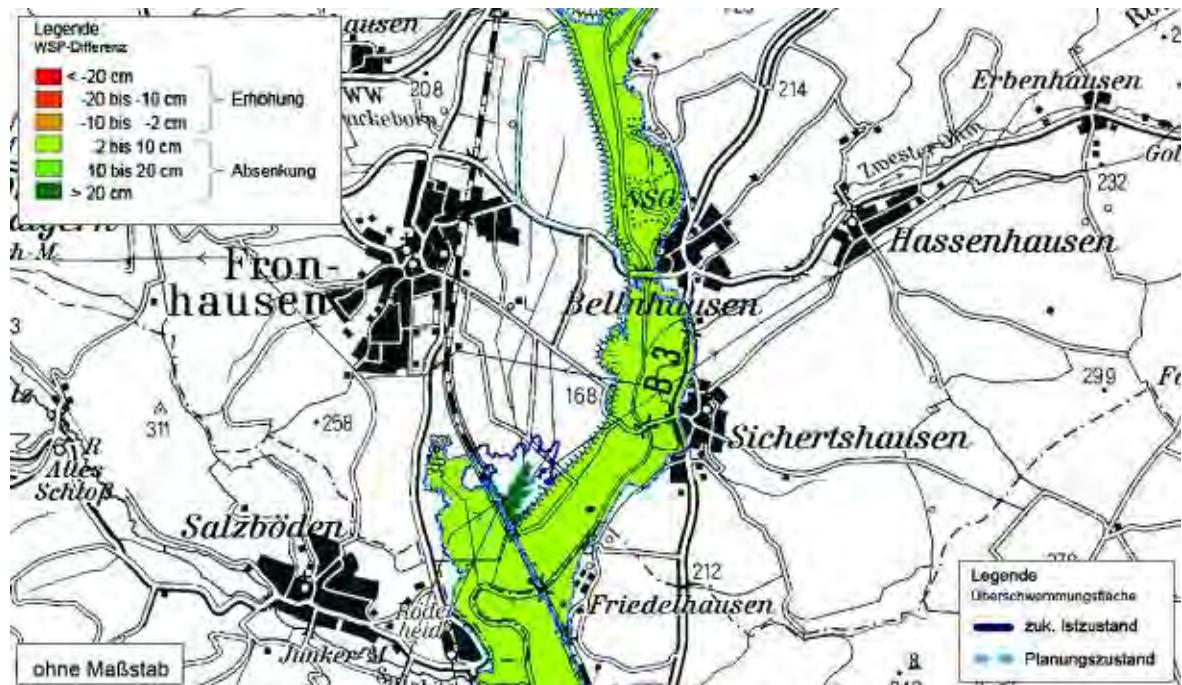


Abb. 7-76: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>generiert</sub>: zuk. Istzustand minus Polder Bellnhausen gesteuert

### 7.9.5 Polder Fronhausen

Der Polder Fronhausen liegt ebenfalls rechtsseitig der Lahn zwischen der L 3048 und der Bahntrasse der Main-Weser-Bahn (vgl. Abb. 7-77). Er wird durch den vorhandenen Hochwasserschutzdeich, der auf 168,8 müNN erhöht wird und einen ebenfalls auf diese Höhe neu zu erstellenden Deich entlang der westlichen Poldergrenze sowie einem Teilstück der Bahntrasse im südlichen Polderbereich und dem als wasserundurchlässig angesehenen Straßendamm der L 3048 im nördlichen Polderbereich begrenzt. Die Deichhöhe wurde dabei analog zu den Poldern Marburg und Bellhausen auf den Wasserspiegel des HW<sub>RKH</sub> bei einem stationären Abfluss im Zulaufbereich des Polders ausgelegt. Der Zulaufbereich dieses Polders liegt ca. 75 m südlich der L 3048 und ist ca. 50 m breit. Auch dieser Zulauf wurde durch das komplette Abtragen des bestehenden Deiches erstellt. Damit eine Zuströmung von dieser Stelle bereits bei dem HW<sub>84</sub> in den Polderbereich stattfindet, fand im Modell eine schlauchförmige Abgrabung im Polder hinter dem Zulaufbereich statt. Diese ist ca. 550 m lang und etwa 30 bis 40 m breit. Die Abgrabungstiefe beträgt maximal 80 cm. Eine tiefere Abgrabung ist zunächst nicht untersucht worden, um den Aufwand einer möglichen Abgrabung nicht zu vergrößern. Der Zuflussbereich des Polders ist zunächst nicht weiter nach unterstrom verlegt worden, obwohl dies ggf. eine kleinere Abgrabung im Polder bedeuten würde. Dies lässt sich damit begründen, dass eine Verlegung des Zulaufbereiches nach unterstrom mit einem geringeren maximal möglichen Wasserstand im Polder einhergeht und somit Speichervolumen des Polders verloren geht.



Abb. 7-77: Polder Fronhausen (rote Linie) (Luftbild: HVBG 2008)

Bei dem HW<sub>84</sub> reduziert sich der Wellenscheitel von  $Q = 322 \text{ m}^3/\text{s}$  vor dem Polderzufluss auf  $Q = \text{ca. } 317 \text{ m}^3/\text{s}$  nach dem Polderzufluss (vgl. Abb. 7-78). Am unteren Ende des Untersuchungsgebietes wird die Wellenspitze (im Vergleich zum zukünftigen Istzustand) um

$\Delta Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$  reduziert (vgl. Abb. 7-79). Eine zeitliche Verschiebung des Wellenscheitels findet nicht statt.

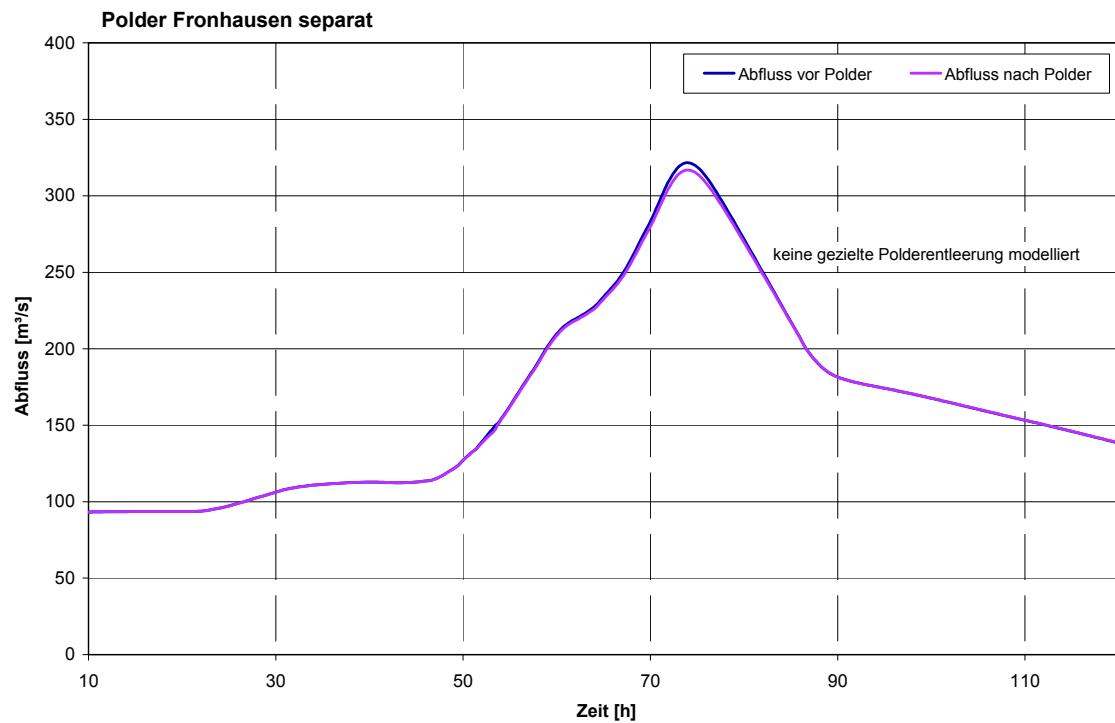


Abb. 7-78: Scheitelreduzierung direkt am Polder Fronhausen für HW<sub>84</sub>

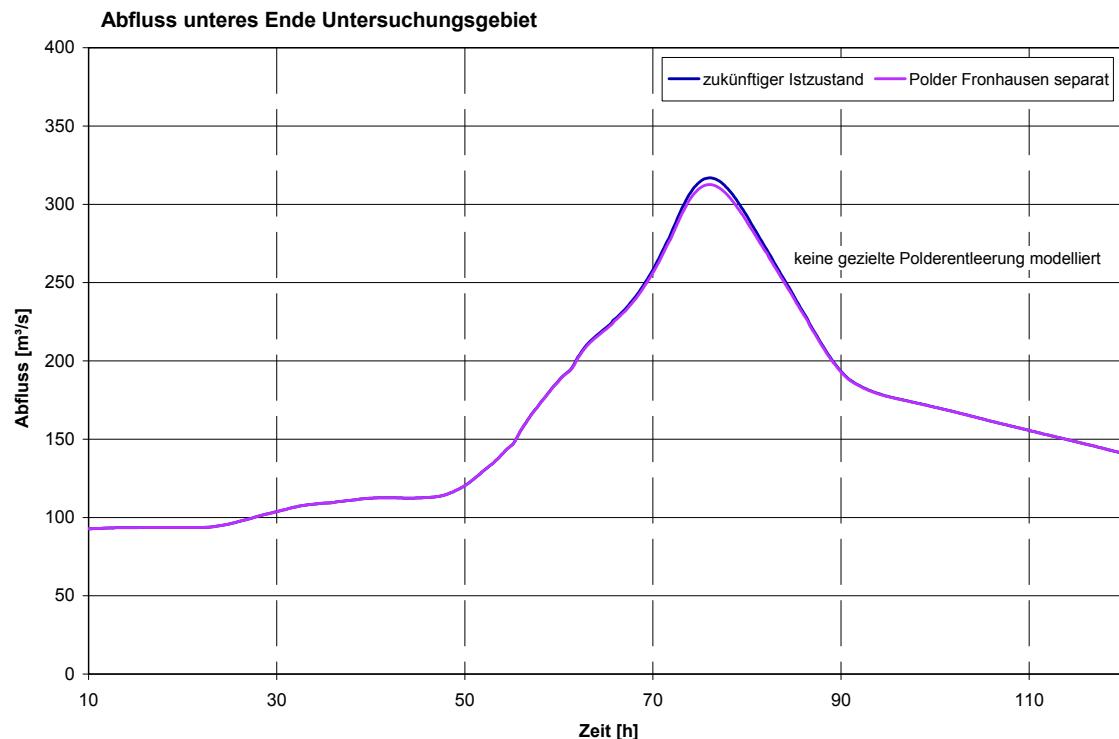


Abb. 7-79: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>84</sub> – Polder Fronhausen

Aufgrund der geringen Abflussreduzierung durch diesen Polder ergeben sich für das HW<sub>84</sub> nur sehr geringe Wasserspiegelabsenkungen unterstrom des Polderzuflusses (max. 2 cm). Die Wassertiefen im Polder Fronhausen betragen für den genannten Abfluss außer im südlichen Bereich nur wenige Dezimeter. Im südlichen Bereich des Polders liegen sie größtenteils zwischen 0,5 bis 1 m. Das zurückgehaltene Wasservolumen beläuft sich auf 249000 m<sup>3</sup> bei einer benetzten Fläche von 670000 m<sup>2</sup> (67 ha) und einer mittleren Fließtiefe von 0,37 m. Trotz der geringen Reduzierung bei dem HW<sub>84</sub> wird auch dieser Polder in den Poldermix (siehe nächstes Kapitel) integriert.

Die Tab. 7-2 gibt eine zusammenfassende Übersicht über die Scheitelreduzierungen der jeweils separaten modellierten Polder für das HW<sub>84</sub>. Dabei werden jeweils der Abfluss vor und nach dem jeweiligen Polder und die hieraus resultierende Abflussdifferenz ( $\Delta Q$ ) dargestellt. Zudem werden am unteren Ende des Untersuchungsgebietes die Abflüsse des zukünftigen Istzustandes und der jeweiligen Poldervariante gegenübergestellt und die zeitliche Verzögerung bzgl. der Ankunft des Wellenscheitels in der Planungsvariante im Vergleich zum zukünftigen Istzustand dargestellt. Wie schon zuvor erwähnt, wird die unmittelbar am Polder erzielte Abflussreduzierung im unterstrom gelegenen Streckenabschnitt durch Wellenverformung reduziert. Bei den bislang noch nicht optimierten Poldergeometrien treten Abflussänderungen von 5 m<sup>3</sup>/s bis 14 m<sup>3</sup>/s (1,5 % - 4,4 %) auf. Die damit verbundenen Wasserspiegelabsenkungen im Untersuchungsgebiet variieren zwischen 2 cm und 8 cm.

Tab. 7-2: Übersicht Scheitelreduzierungen der jeweils separat modellierten Polder (HW<sub>84</sub>)

modellierter Standort	Einfluss auf den Scheitel der HW-Welle 1984					
	vor jeweiligem Polder	nach	unteres Ende Untersuchungsgebiet (Abfluss) (zuk. Ist.)	(Poldervar.)	unteres Ende Untersuchungsgebiet (Verzögerung Ankunft Wellenscheitel im Vgl. zuk. Ist.) Δt [h]	
<b>Polder Marburg</b>						
$Q_{\max} [\text{m}^3/\text{s}]$	317	303.5	317	306	0.25	
$\Delta Q [\text{m}^3/\text{s}]$	13.5		11			
zurückgehaltenes Volumen [ $\text{m}^3$ ]	371000					
<b>Polder Steinmühle</b>						
$Q_{\max} [\text{m}^3/\text{s}]$	316	308	317	311	0	
$\Delta Q [\text{m}^3/\text{s}]$	8		6			
zurückgehaltenes Volumen [ $\text{m}^3$ ]	191000					
<b>Polder Bellnhausen ungesteuert</b>						
$Q_{\max} [\text{m}^3/\text{s}]$	322	316	317	312	0.85	
$\Delta Q [\text{m}^3/\text{s}]$	6		5			
zurückgehaltenes Volumen [ $\text{m}^3$ ]	475000					
<b>Polder Bellnhausen gesteuert</b>						
$Q_{\max} [\text{m}^3/\text{s}]$	322	309	317	306	0	
$\Delta Q [\text{m}^3/\text{s}]$	13		11			
zurückgehaltenes Volumen [ $\text{m}^3$ ]	325000					
<b>Polder Fronhausen</b>						
$Q_{\max} [\text{m}^3/\text{s}]$	322	317	317	313	0	
$\Delta Q [\text{m}^3/\text{s}]$	5		4			
zurückgehaltenes Volumen [ $\text{m}^3$ ]	249000					

### 7.9.6 Poldermix

Im Poldermix werden die vier Polder Marburg, Steinmühle, Bellnhausen und Fronhausen zusammen im HN-Modell abgebildet. Dabei wird der Polder Bellnhausen einmal ungesteuert und einmal gesteuert für das HW<sub>84</sub> und das HW<sub>generiert</sub> modelliert.

In Tab. 7-3 sind die Abflussreduzierungen an den einzelnen Poldern (Abfluss vor und nach Polder im Poldermix) und am unteren Ende des Untersuchungsgebietes (im Vergleich zum zukünftigen Istzustand) für die jeweiligen Varianten aufgelistet. Dabei ist die Summe der einzelnen Scheitelreduzierungen an den jeweiligen Poldern nicht gleich der Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes, da die Wellenverformung im gesamten Untersuchungsgebiet von verschiedenen Faktoren und komplexen Wirkungszusammenhängen abhängig ist (die Wellenüberlagerung mit der Allna, dem Ausuferungsprozess bei Wellenverformung durch die einzelnen Polder). Zudem wird die Verzögerung des Wellenscheitels am unteren Ende des Untersuchungsgebietes in der Planungsvariante im Vergleich zum zukünftigen Istzustand dargestellt. Die entsprechenden Abflussganglinien im Bereich der einzelnen Polder sind in der Anlage A3 enthalten.

Die Abflussganglinien bzgl. des unteren Randes des Untersuchungsgebietes werden in Abb. 7-80 bis Abb. 7-83 gezeigt.

Tab. 7-3: Scheitelreduzierungen Poldermix

Lage	HW <sub>84</sub>				HW <sub>generiert</sub>			
	Bellnhausen ungesteuert		Bellenhausen gesteuert		Bellnhausen ungesteuert		Bellenhausen gesteuert	
	Q [m <sup>3</sup> /s]	ΔQ [m <sup>3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	ΔQ [m <sup>3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	ΔQ [m <sup>3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	ΔQ [m <sup>3</sup> /s]
vor und nach Polder Marburg	317	14	317	14	380	4	380	4
	303		303		376		376	
vor und nach Polder Steinmühle	302	5,5	302	5,5	374,5	0	374,5	0
	296,5		296,5		374,5		374,5	
<b>Zufluss Allna</b>								
vor und nach Polder Bellnhausen	304,5	5,5	304,5	10,5	368,5	3,5	368,5	18
	299		294		365		350,5	
vor und nach Polder Fronhausen	299	3,5	294	3,5	364	7	350,5	6
	295,5		290,5		357		344,5	
Vergleich am unteren Ende des Untersuchungs- gebietes	317 (zuk. Ist.)	23	317 (zuk. Ist.)	28	367,5 (zuk. Ist.)	14	367,5 (zuk. Ist.)	26
	294 (Poldermix)		289 (Poldermix)		353,5 (Poldermix)		341,5 (Poldermix)	
<b>Δt [h]</b>								
Verzögerung des Wellenscheitels am unteren Ende des Untersuchungs- gebietes	1,4		0		2		1,2	

Der Zufluss der Allna verursacht beim HW<sub>84</sub> einen Anstieg des Abflusses zwischen dem Polder Steinmühle und dem Polder Bellnhausen. Wie in der Tab. 7-3 zu erkennen ist, ist für das HW<sub>generiert</sub> zwischen diesen beiden Poldern trotz des Allnazuflusses kein Anstieg, sondern eine Abnahme des Abflusses zu verzeichnen. Dies liegt darin begründet, dass bei diesem größeren Abflussereignis im Vergleich zum HW<sub>84</sub> ein größerer Bereich des Vorlandes (insbesondere südwestlich der Ortschaft Roth) überschwemmt wird (vgl. Abb. 7-84 bis Abb. 7-87), wodurch hier eine erhöhte Retentionswirkung hervorgerufen wird.

Aus Tab. 7-3 ist zudem ersichtlich, dass der Polder Steinmühle beim HW<sub>generiert</sub> keine Kappung des Wellenscheitels direkt am Polder hervorruft. Dieser Polder ist bereits beim Eintreten des Wellenscheitels gefüllt. Somit springt bei diesem Abflussereignis die Notentlastung, die am Polder angeordnet ist, an und es erfolgt über die Notentlastung ein Abfluss vom Polder in das Gewässerbett der Lahn zurück. Dieser Abfluss muss bei der Be- trachtung des Gesamtabflusses nach dem Polder mit berücksichtigt werden. Obwohl am Polder Steinmühle direkt keine Kappungswirkung des Wellenscheitels zu verzeichnen ist, kann er durchaus einen Beitrag zur Wellenverformung leisten.

Die Differenzen bzgl. des Wasserspiegels werden in Abb. 7-84 bis Abb. 7-87 gezeigt. Man erkennt bei den Varianten mit Steuerung des Polders Bellnhausen eine leichte Verbesserung unterstrom dieses Polderzulaufes im Vergleich zu den Varianten ohne Steuerung.

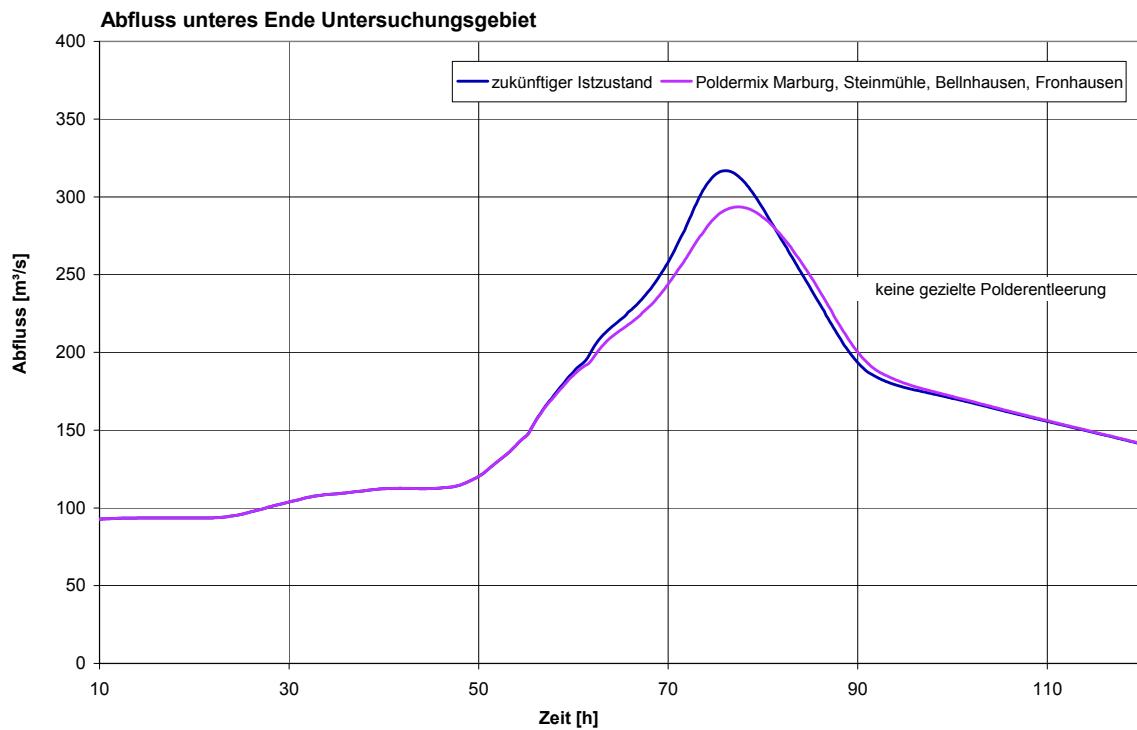


Abb. 7-80: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>84</sub> – Poldermix (Bellnhausen ungesteuert)

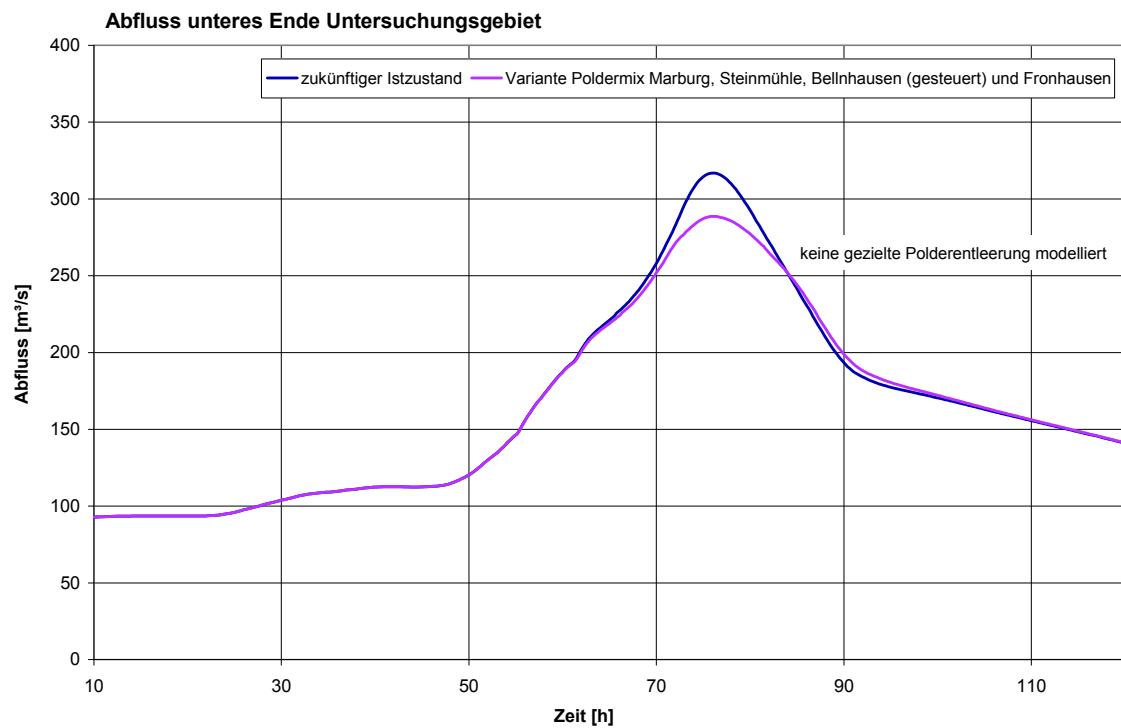


Abb. 7-81: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>84</sub> – Poldermix (Bellnhausen gesteuert)

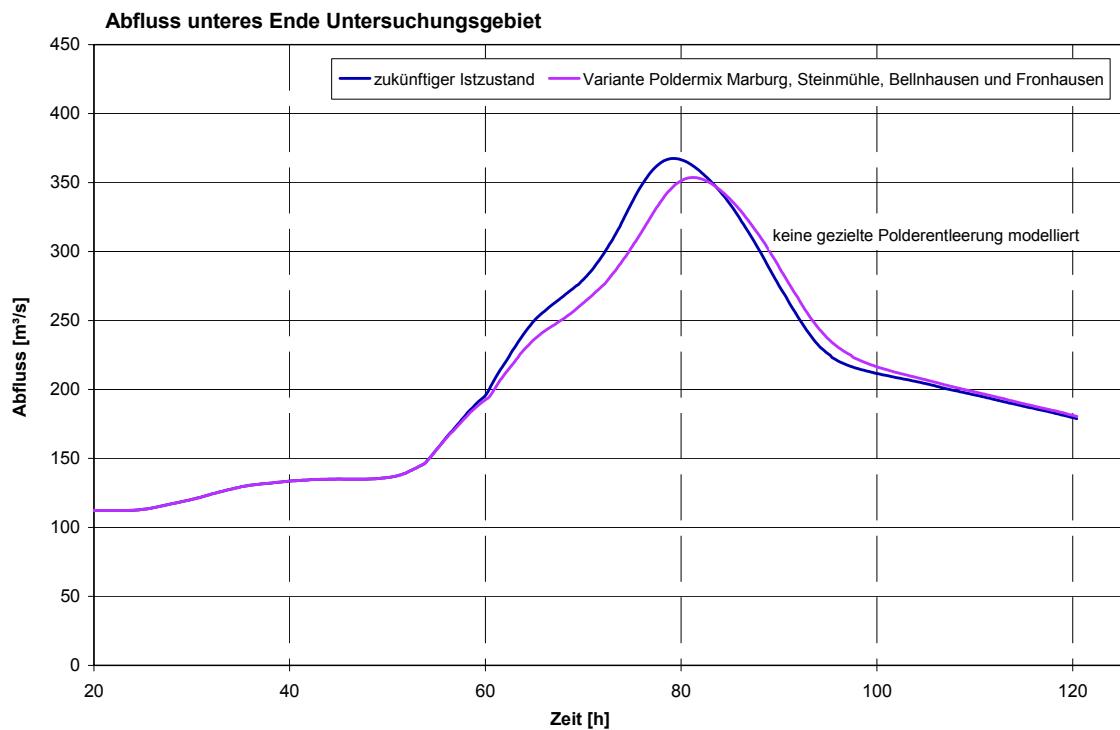


Abb. 7-82: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>gene-  
riert</sub> – Poldermix (Bellnhausen ungesteuert)

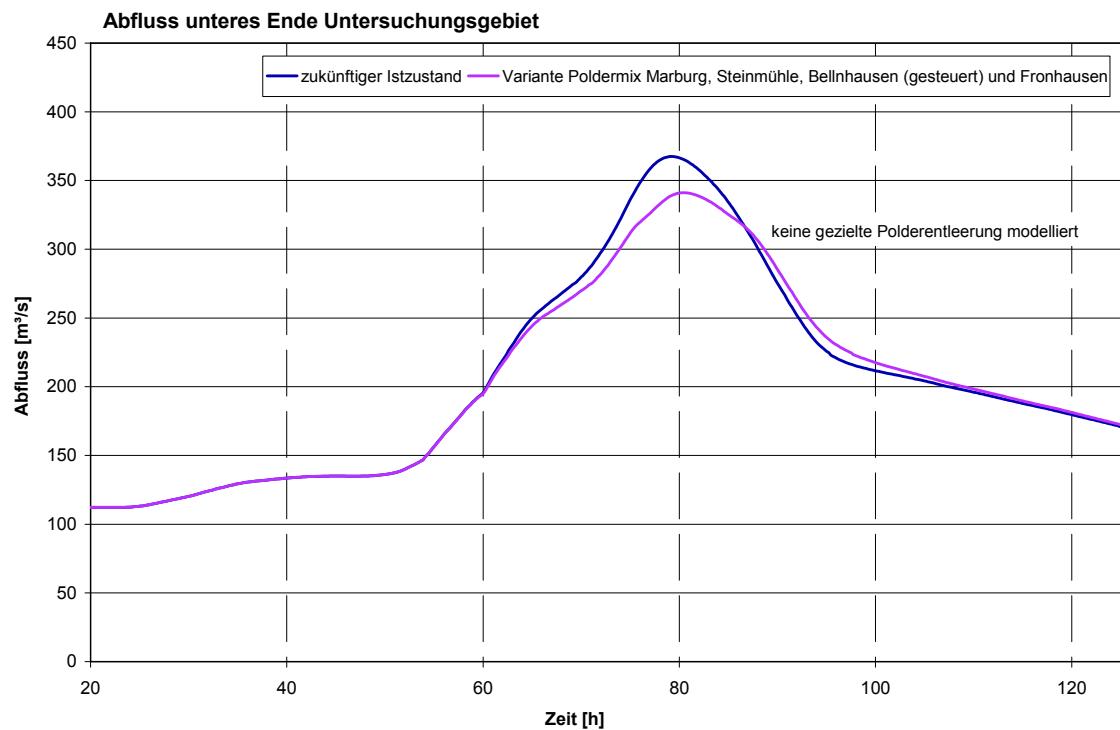


Abb. 7-83: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>gene-  
riert</sub> – Poldermix (Bellnhausen gesteuert)

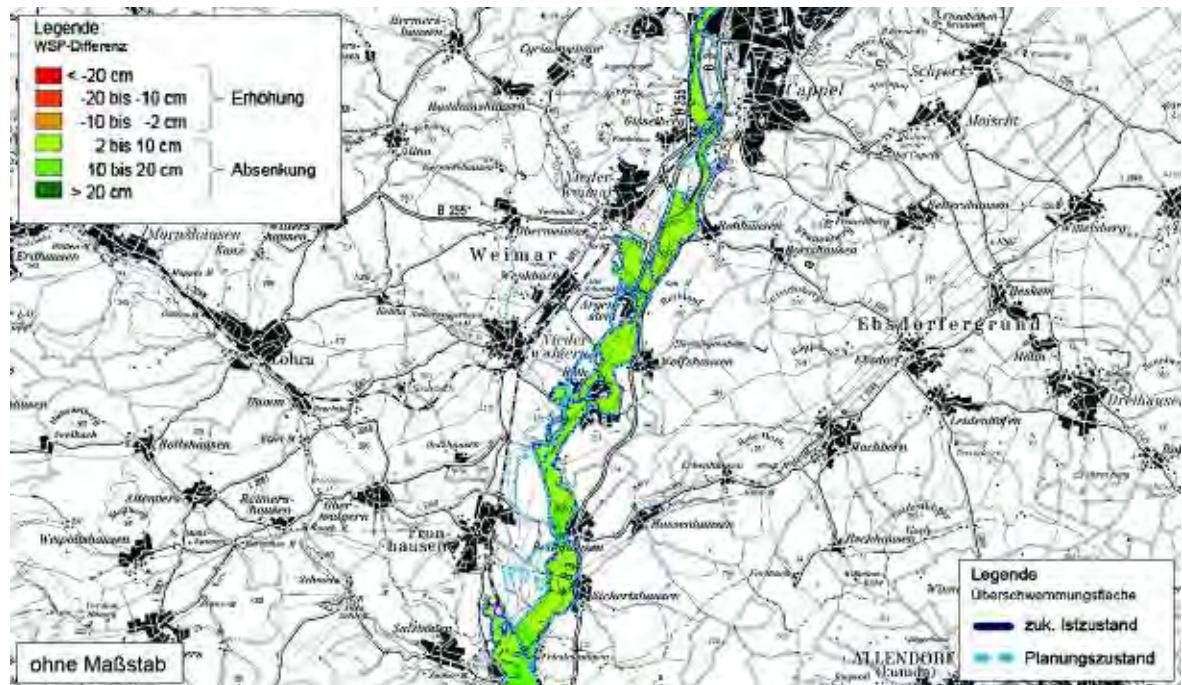


Abb. 7-84: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Poldermix (Bellnhausen ungesteuert)

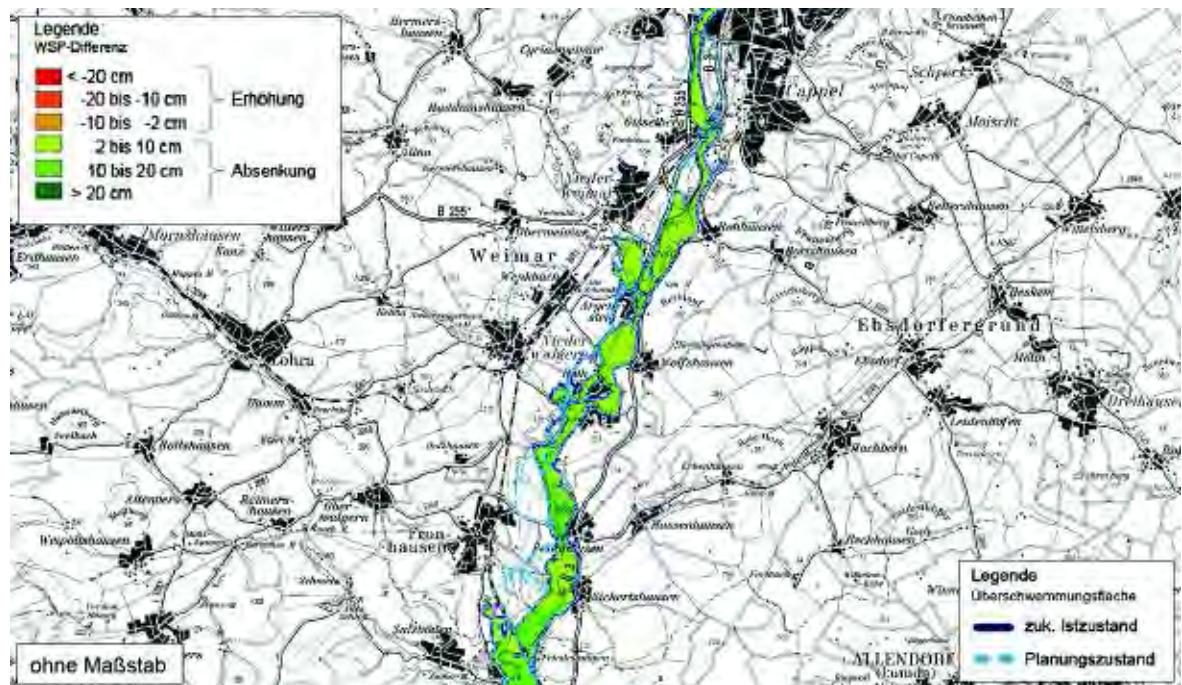


Abb. 7-85: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Poldermix (Bellnhausen gesteuert)

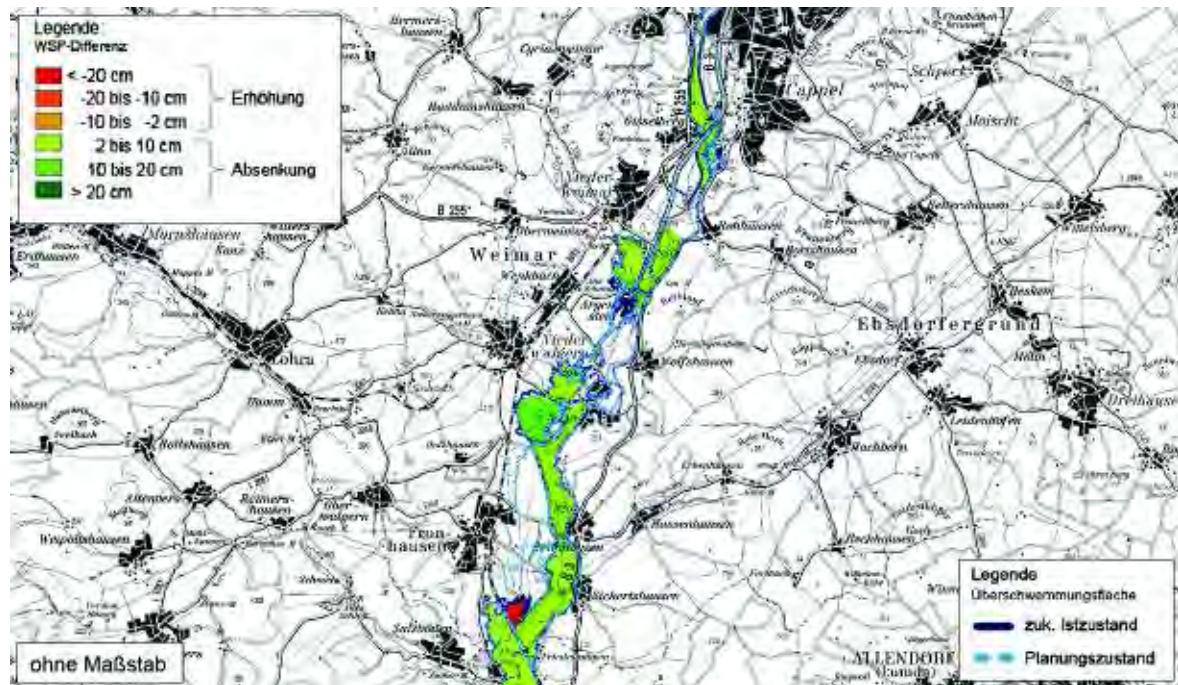


Abb. 7-86: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das  $HW_{\text{generiert}}$ : zuk. Istzustand minus Poldermix (Bellnhausen ungesteuert)

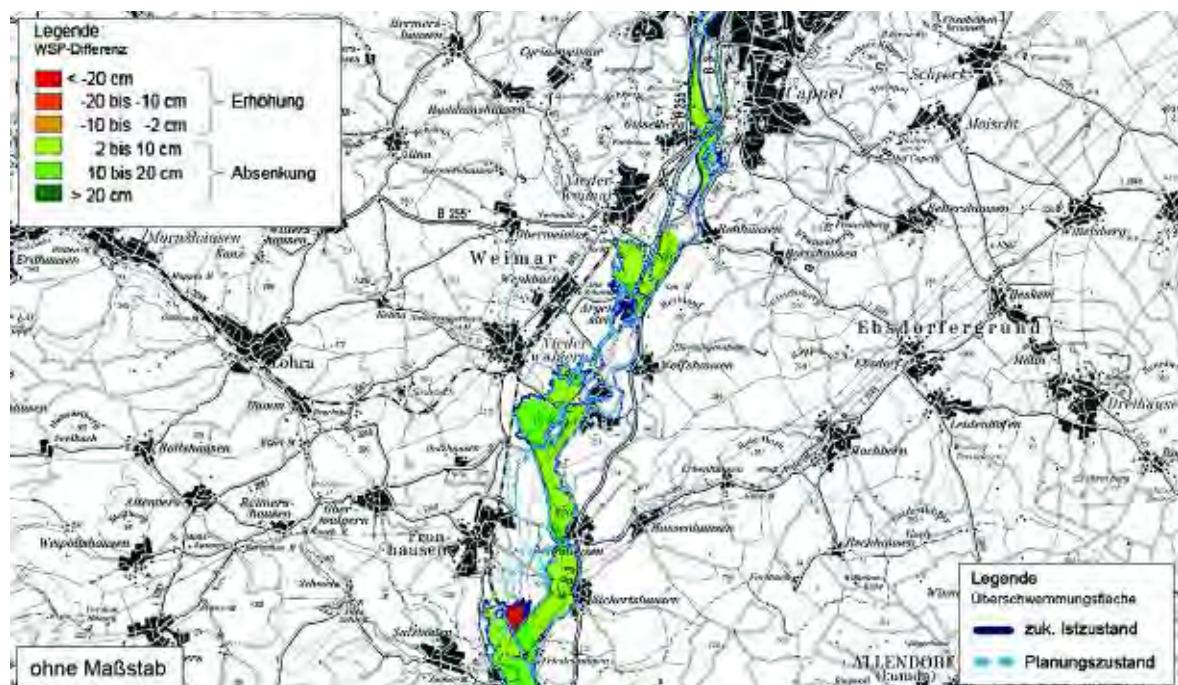


Abb. 7-87: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das  $HW_{\text{generiert}}$ : zuk. Istzustand minus Poldermix (Bellnhausen gesteuert)

In allen Poldervarianten stellen sich insgesamt nur relativ geringe Wassertiefen in den Poldern ein. Daher ist zu überlegen, ob nach der geplanten Auskiesung, die jedoch erst in einigen Jahren komplett vollzogen ist, die Flächen westlich von Argenstein und Roth im Zuge einer Rekultivierung nicht komplett wieder aufgefüllt werden. Diese vertieften Flächen könnten dann als Polder mit einem größeren Fassungsvolumen als die bisher untersuchten Polder (ggf. mit einer Zuleitungsmulde von der Lahn her) genutzt werden. Neben einer Zuleitung zu den Poldern ist die Frage der Entleerung und damit die Frage nach der Sohlhöhe zu beachten.

## 7.10 Szenario 9 – Variantenmix

Im Szenario 9 wird ein Variantenmix, in dem die vier Polder Marburg, Steinmühle, Bellnhäusen und Fronhausen integriert sind, umgesetzt. Dabei wird der Polder Bellnhäusen für die beiden in diesem Szenario berechneten Abflüsse  $HW_{84}$  und  $HW_{\text{generiert}}$  als gesteuerter Polder modelliert. Analog zu den bisherigen Poldervarianten wird der Zuflussquerschnitt zum Polder bei Erreichen von  $Q = 290 \text{ m}^3/\text{s}$  für das  $HW_{84}$  und von  $Q = 340 \text{ m}^3/\text{s}$  für das  $HW_{\text{generiert}}$  geöffnet. Weiterhin sind in diesem Szenario folgende potentielle Maßnahmen integriert:

- die Weitung der Flutmuldenöffnung bei Roth (Szenario 1),
- die Weitung des Gewässerbettes unterstrom des Wehres Argenstein (Szenario 2),
- die Weitung des Gewässerbettes unterstrom der Wehre Roth (Szenario 3),
- die Umgestaltung der Deiche nordöstlich von Argenstein (Szenario 4),
- Rückbau der Deiche, die keine Bebauung schützen und keinen Polder begrenzen, komplett geschliffen. (Szenario 5, jedoch wird hier auch der Deich zwischen Argenstein und Roth komplett abgetragen, da die Gefahr eines Rückstaus der ParAllna bis in die Ortschaft Argenstein hinein durch den neu erstellten Deich westlich von Argenstein nicht gegeben ist).

Eine Übersicht der Maßnahmen dieses Szenario-Variantenmixes kann Abb. 7-88 entnommen werden.

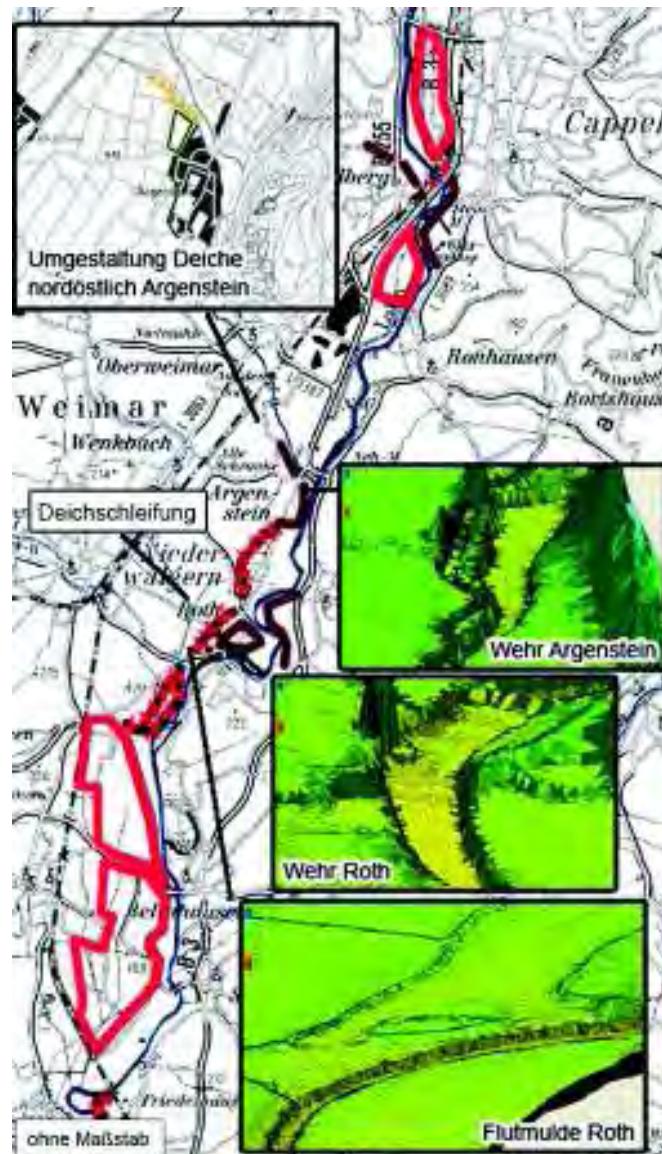


Abb. 7-88: Maßnahmen des Szenario 9 (Variantenmix)

In Tab. 7-4 sind analog zum Poldermix (Szenario 8) die Abflussreduzierungen an den einzelnen Poldern und am unteren Ende des Untersuchungsgebietes (im Vergleich zum zukünftigen Istzustand) für die jeweiligen Varianten aufgelistet. Ebenso ist die Verzögerung des Wellenscheitels am unteren Ende des Untersuchungsgebietes im Vergleich zum zukünftigen Istzustand dargestellt. Die entsprechenden Abflussganglinien im Bereich der einzelnen Polder sind in der Anlage A4 enthalten. Die Abflussganglinien bzgl. des unteren Randes des Untersuchungsgebietes werden in Abb. 7-89 und Abb. 7-90 gezeigt.

In der Tab. 7-4 ist dargestellt, dass beim  $HW_{84}$  der Wellenscheitel ca. eine viertel Stunde später ankommt als im zukünftigen Istzustand. Beim  $HW_{\text{generiert}}$  beträgt diese Verzögerung ca. 1,3 Stunden.

Tab. 7-4: Scheitelreduzierungen Variantenmix

Lage	HW <sub>84</sub> Bellnhausen gesteuert		HW <sub>generiert</sub> Bellnhausen gesteuert	
	Q [m <sup>3</sup> /s]	ΔQ [m <sup>3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	ΔQ [m <sup>3</sup> /s]
vor und nach Polder Marburg	317	14,5	380	4
	302,5		376	
vor und nach Polder Steinmühle	302	5,5	374	0
	296,5		374	
Zufluss Allna				
vor und nach Polder Bellnhausen	303,5	10	378,5	18,5
	293		360	
vor und nach Polder Fronhausen	293	3,5	359	6,5
	289,5		352,5	
Vergleich am unteren Ende des Untersuchungs- gebietes	317 (zuk. Ist.)	29	367,5 (zuk. Ist.)	18,5
	288 (VarMix)		349 (VarMix)	
Δt [h]				
Verzögerung des Wellenscheitels am unteren Ende des Untersuchungs- gebietes	0,25		1,3	

Zudem ist festzuhalten, dass der Variantenmix beim HW<sub>84</sub> eine größere Reduzierung des Wellenscheitels hervorruft als bei HW<sub>generiert</sub>. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die geringe Leistungsfähigkeit der Polder Marburg und Steinmühle beim HW<sub>generiert</sub>. Auch hier ist im Gegensatz zum reinen Poldermix (Szenario 8) ein Anstieg des Abflusses aufgrund des Allnazuflusses zwischen dem Polder Steinmühle und dem Polder Bellnhausen für das HW<sub>generiert</sub> zu verzeichnen. Dieser im Vergleich zu Szenario 8 erhöhte Abfluss wird dadurch hervorgerufen, dass die Schleifung bestimmter Deiche/Deichabschnitte im Variantenmix beim HW<sub>generiert</sub> den Rückfluss vom Vorland ins Lahnbett z. T. erleichtert und somit eine gewisse Retentionswirkung, die in Szenario 8 noch vorhanden ist, verloren geht. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den Untersuchungen im vorliegenden Bericht um Analysen mit prinzipiellem Charakter handelt. Wenn basierend auf diesen Untersuchungen und aufgrund zusätzlicher Analysen zur Kosteneffizienz, Verfügbarkeit von Grundstücken usw. festgelegt wird, welche Maßnahmen umgesetzt werden sollen, sind diese und deren Wechselwirkung untereinander im Detail zu untersuchen und zu optimieren. Der hier dargestellte Variantenmix versteht sich als eine exemplarische Auswahl der untersuchten Hochwasserschutzmaßnahmen.

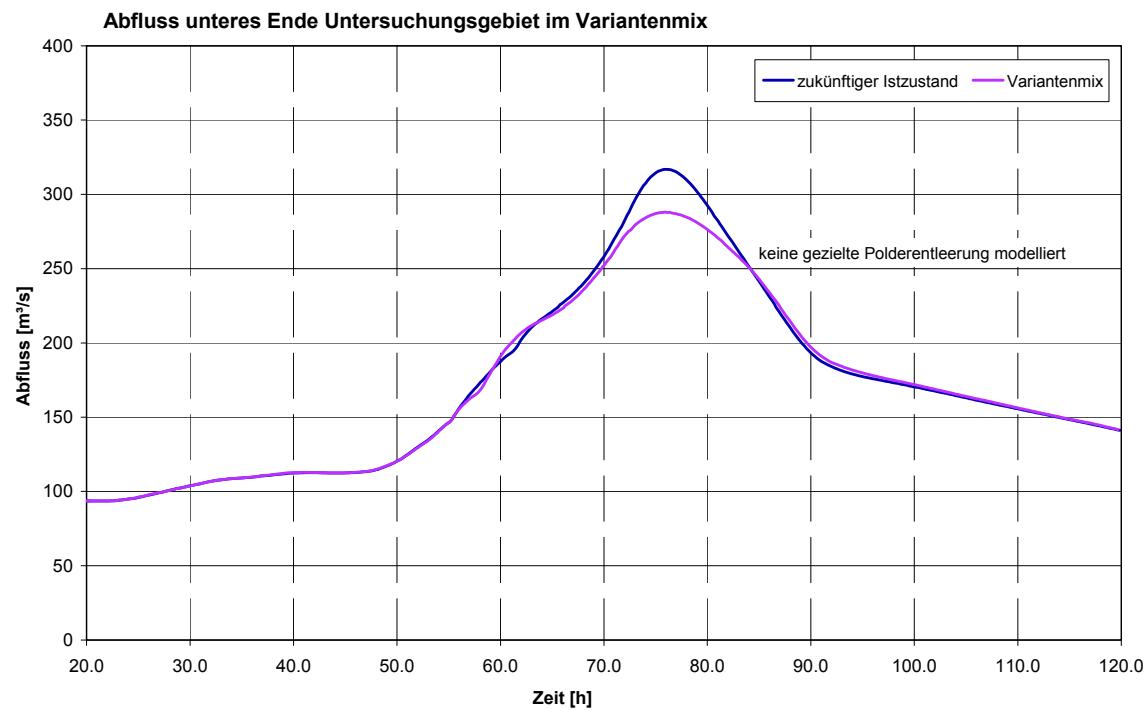


Abb. 7-89: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>84</sub> – Variantenmix

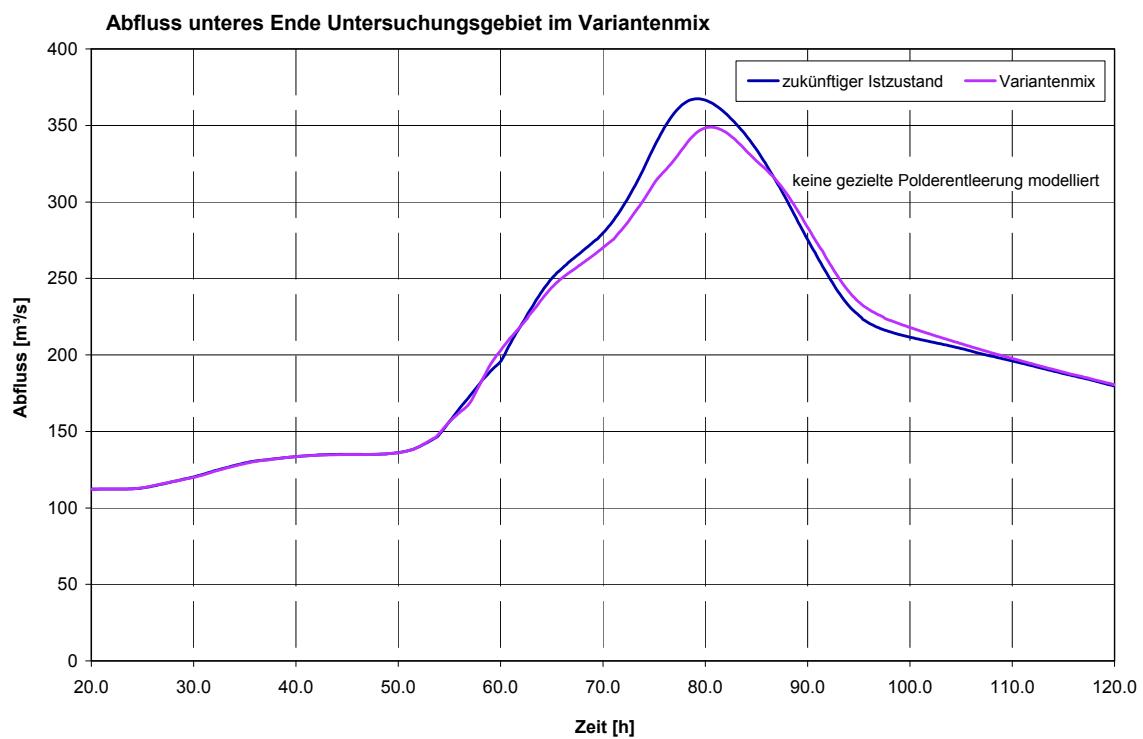


Abb. 7-90: Scheitelreduzierung am unteren Ende des Untersuchungsgebietes für HW<sub>gene-  
riert</sub> – Variantenmix

In Abb. 7-91 und Abb. 7-92 werden die Überschwemmungsflächen des zukünftigen Istzustandes mit denen des Variantenmixes verglichen. Durch die vergrößerten Überflutungsflächen und die Schaffung von Retentionsraum sinkt der Wasserspiegel an diversen Stellen, die in Abb. 7-93 und Abb. 7-94 dargelegt sind. Man erkennt dort insbesondere die Wasserspiegelabsenkungen nordöstlich von Argenstein und nordwestlich von Roth, die größer 20 cm sind.

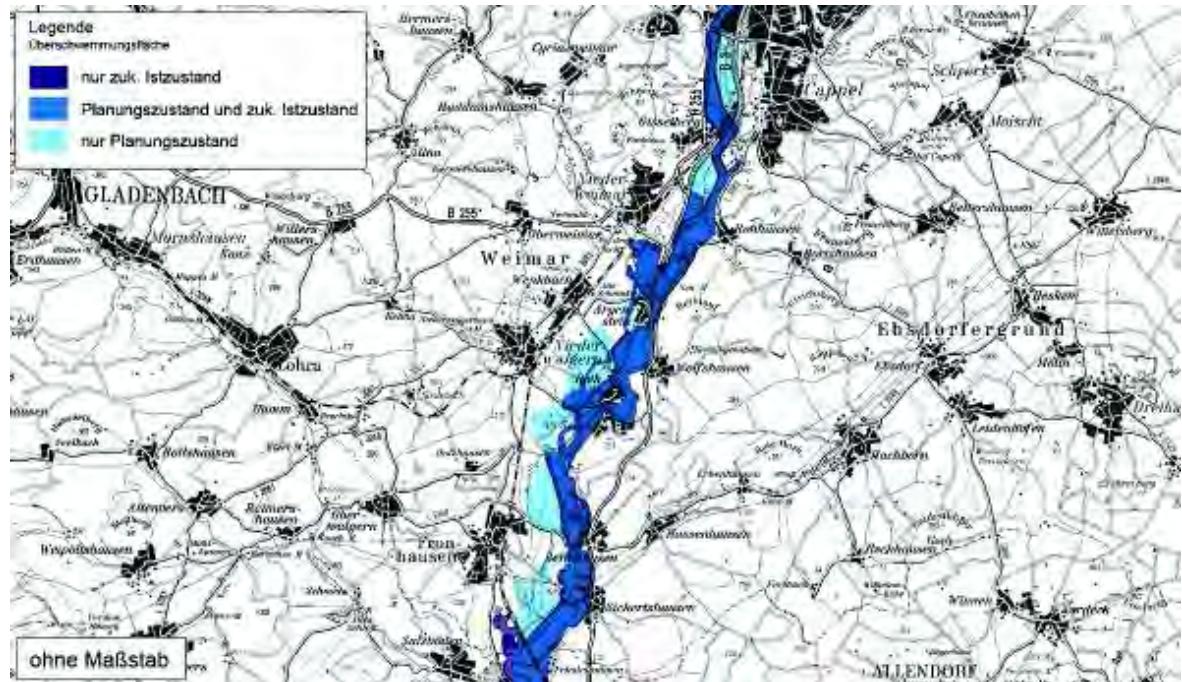


Abb. 7-91: Überflutungsflächen für das HW<sub>84</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 9)

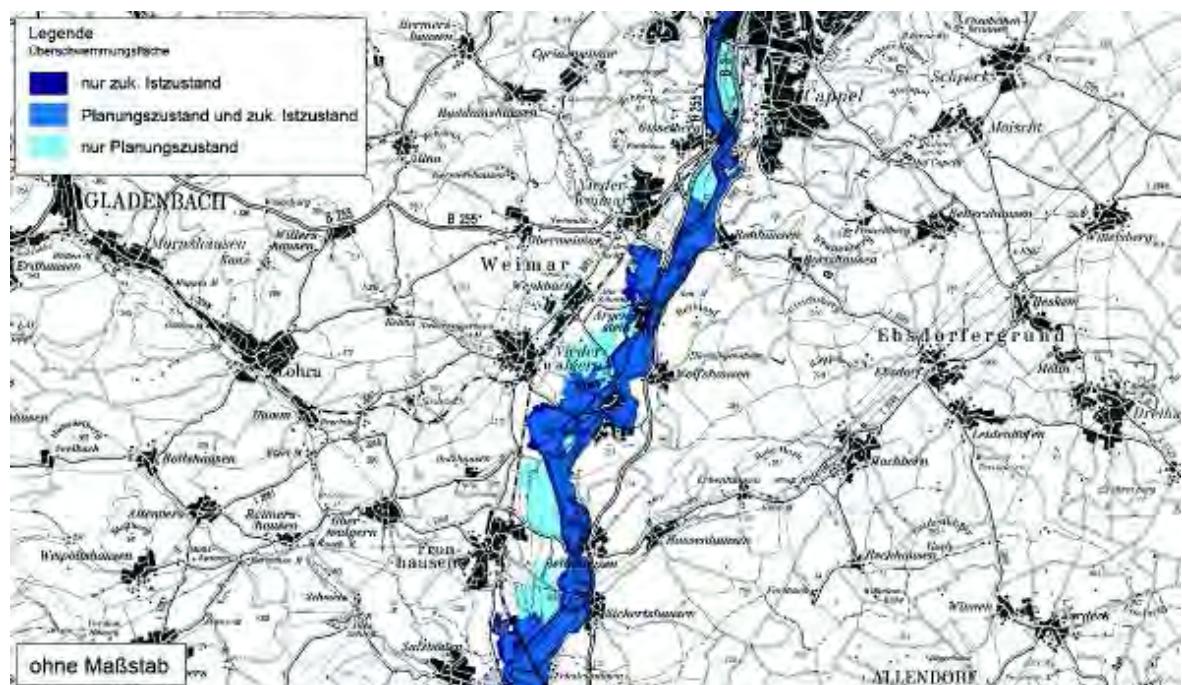


Abb. 7-92: Überflutungsflächen für das HW<sub>generiert</sub> (zuk. Istzustand und Szenario 9)

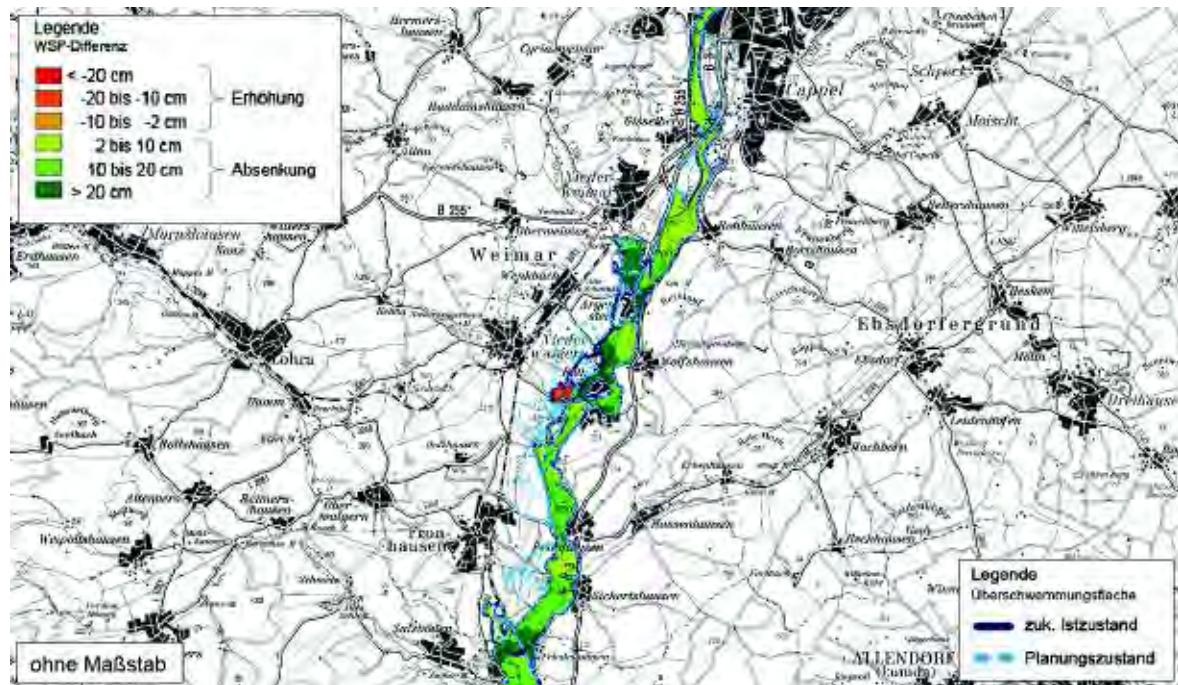


Abb. 7-93: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>84</sub>: zuk. Istzustand minus Variantenmix (Szenario 9)

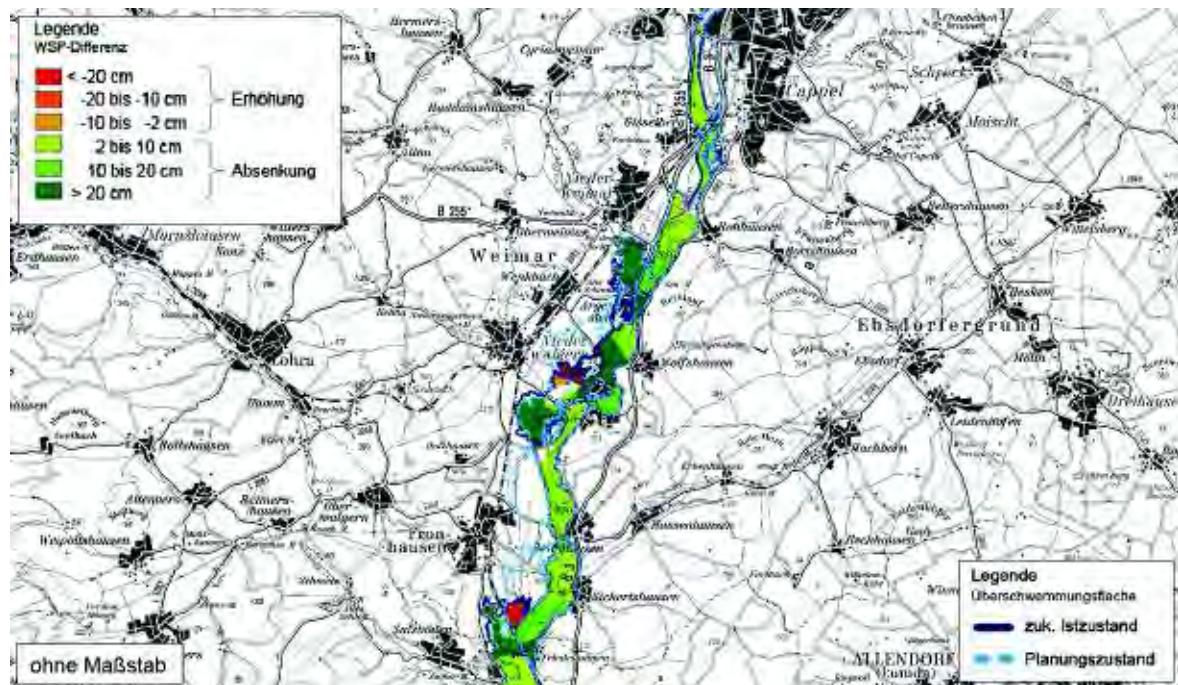


Abb. 7-94: Überflutungsflächen und flächige Darstellung der Differenz des Wasserspiegels für das HW<sub>generiert</sub>: zuk. Istzustand minus Variantenmix (Szenario 9)

In Abb. 7-95 und Abb. 7-96 werden für dieses Szenario schließlich noch die sich einstel- lenden Wassertiefen dargelegt.

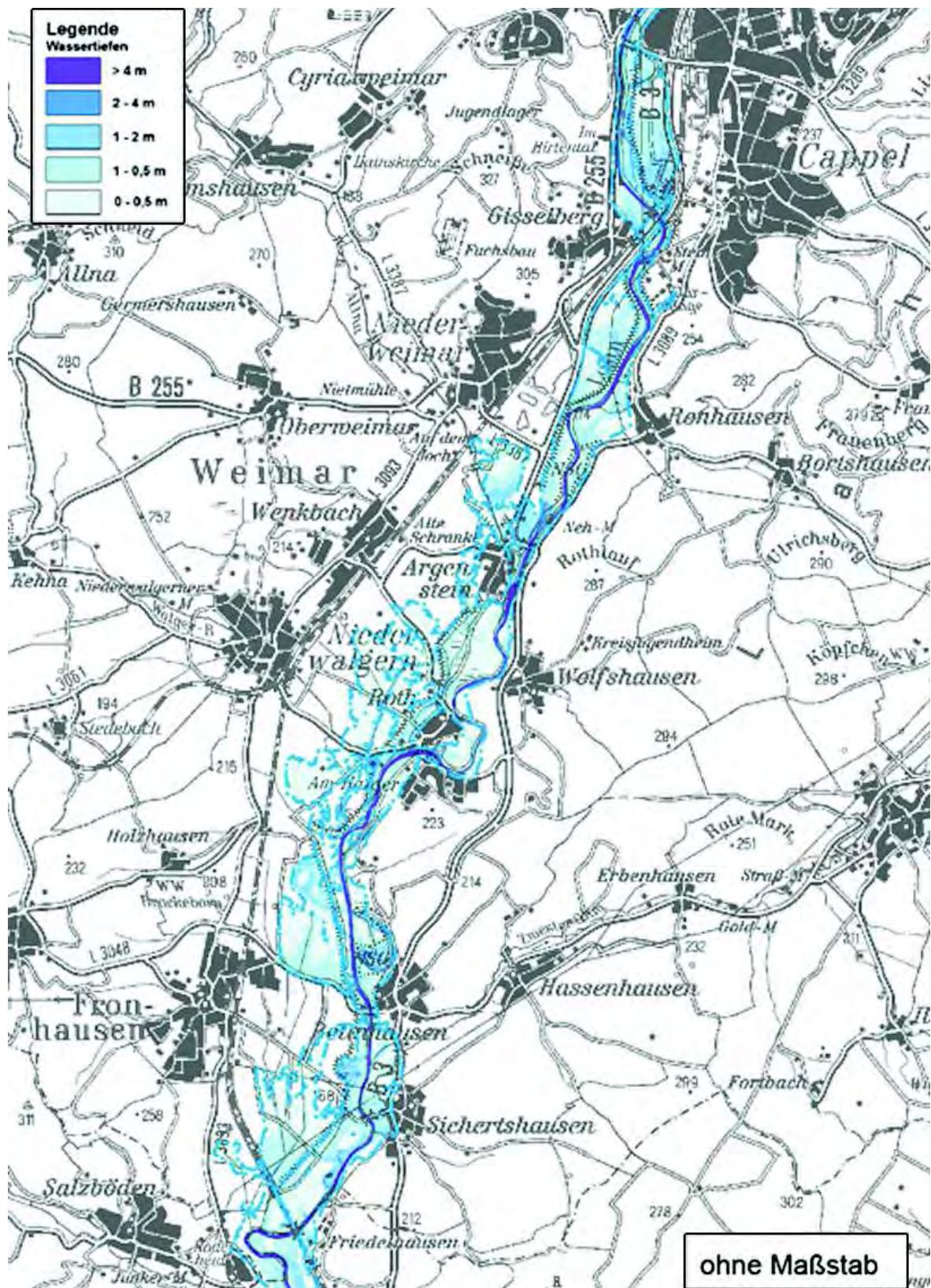


Abb. 7-95: Überschwemmungsfläche (blau umrandet) und Wassertiefen für das HW<sub>84</sub> im Bereich Marburg – Salzböde; Variantenmix

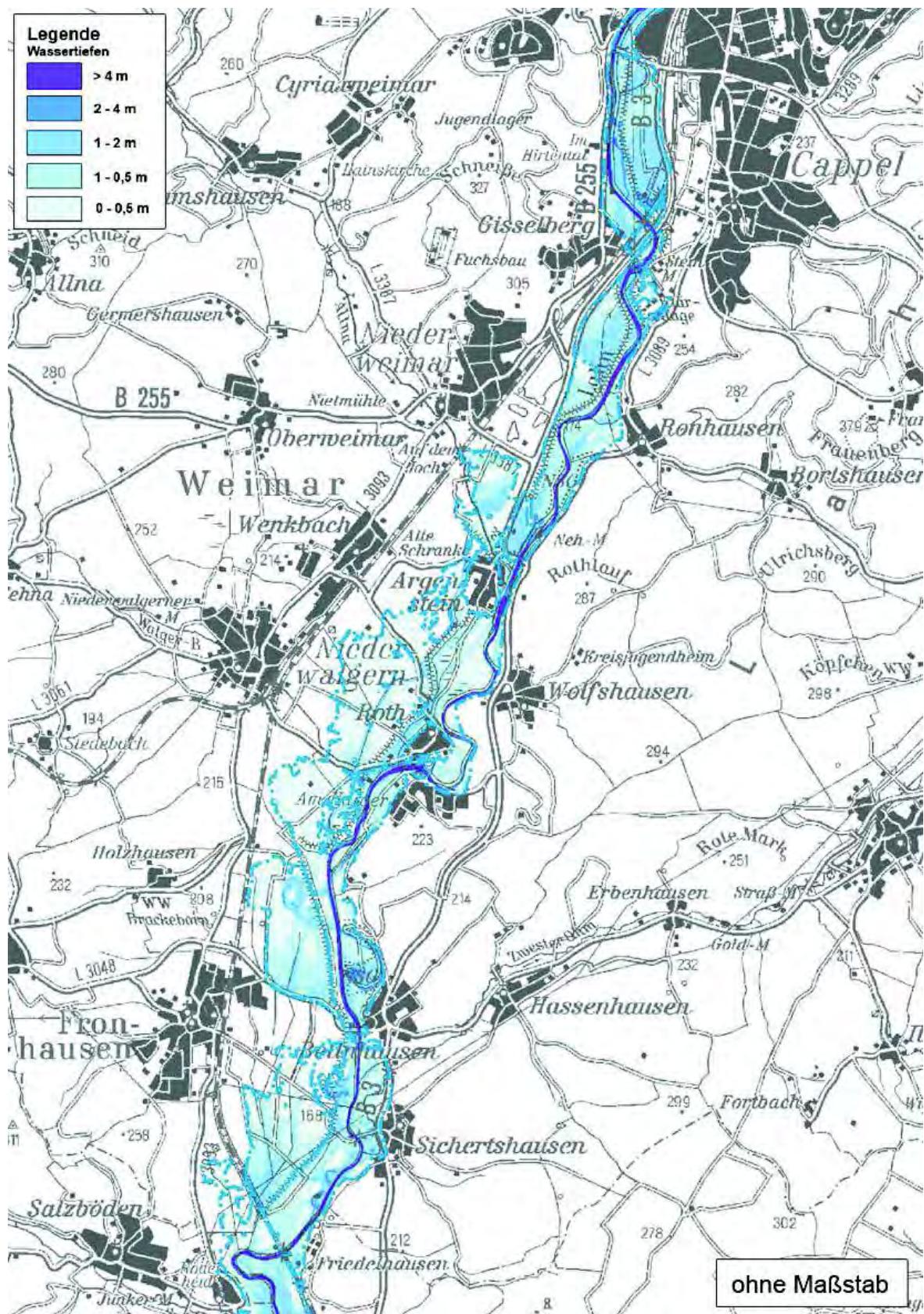


Abb. 7-96: Überschwemmungsfläche (blau umrandet) und Wassertiefen für das HW<sub>generiert</sub> im Bereich Marburg – Salzböde; Variantenmix

## 7.11 Zusammenfassung der Planungsvarianten

In diesem Kapitel werden in sehr knapper Form die wesentlichen Ergebnisse der einzelnen Planungsszenarien noch einmal zur Übersicht tabellarisch zusammengefasst:

Tab. 7-5: Zusammenfassung der Planungsvarianten

Variante	Wesentliche Auswirkungen		
	HW <sub>84</sub>	HW <sub>generiert</sub>	HW <sub>RKH</sub>
Szenario 1: <b>Weitung der Flutmuldenöffnung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>deutliche Absenkung des Wasserspiegels in der Flutmulde</li> <li>leichte Absenkung des Wasserspiegels im Lahnlauf nordöstlich Roth</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>deutliche Absenkung des Wasserspiegels in der Flutmulde</li> <li>leichte Erhöhung des Wasserspiegels unterstrom der Flutmulde</li> </ul>
Szenario 2: <b>Weitung des Gewässerbettes der Wehre bei Argenstein</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>deutliche Absenkung des Wasserspiegels oberstrom des Wehres in Argenstein</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>deutliche Absenkung des Wasserspiegels oberstrom des Wehres in Argenstein</li> <li>minimale Erhöhung des Wasserspiegels unterstrom des Wehres in Argenstein bis zur Ortslage Roth</li> </ul>
Szenario 3: <b>Weitung des Gewässerbettes der Wehre bei Roth</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absenkung des Wasserspiegels oberstrom der Wehre in Roth</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absenkung des Wasserspiegels oberstrom der Wehre in Roth</li> </ul>
Szenario 4: <b>Umgestaltung der Deiche nordöstlich von Argenstein</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vergrößerung Über-schwemmungsfläche</li> <li>Absenkung des Wasserspiegels von der Allna bis nach Roth</li> <li>minimale Scheitelreduzierung der Abflusswelle am unteren Ende des Untersuchungsbereiches</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absenkung des Wasserspiegels nordwestlich Argenstein</li> <li>Erhöhung des Wasserspiegels südöstlich von Argenstein und in der Ortslage Argenstein</li> </ul>
Szenario 5: <b>Schleifung der Deiche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vergrößerung der Überflutungsfläche</li> <li>unterschiedliche Absenkungen des Wasserspiegels in der Lahnaue</li> <li>Scheitelreduzierung der Abflusswelle am unteren Ende des Untersuchungsbereiches</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>geringe Vergrößerung der Überflutungsfläche</li> <li>unterschiedliche Absenkungen des Wasserspiegels in der Lahnaue</li> </ul>

Variante	Wesentliche Auswirkungen		
	HW <sub>84</sub>	HW <sub>generiert</sub>	HW <sub>RKH</sub>
Szenario 6: <b>Erhöhung der Ortsdeiche</b>	▪ kaum Veränderungen zum zukünftigen Istzustand	-	▪ keine Ortschaften mehr in der Überflutungsfläche ▪ deutliche Erhöhung der Wasserspiegellagen (insbesondere nördlich der Ortslage Argenstein)
Szenario 7: <b>Eindeichung südlich von Argenstein</b>	▪ deutliche Erhöhung des Wasserspiegels bei Argenstein	-	▪ deutliche Erhöhung des Wasserspiegels bei Argenstein
Szenario 8: <b>Polder</b>	▪ unterschiedliche Scheitelreduzierungen der Abflusswelle ▪ geringe Absenkung des Wasserspiegels unterstrom der Polder	▪ unterschiedliche Scheitelreduzierungen der Abflusswelle ▪ geringe Absenkung des Wasserspiegels unterstrom der Polder	-
Szenario 9: <b>Variantenmix</b>	▪ Scheitelreduzierung der Abflusswelle ▪ vergrößerte Überschwemmungsflächen ▪ diverse Wasserspiegelabsenkungen (insbesondere bei Roth und Argenstein)	▪ Scheitelreduzierung der Abflusswelle ▪ vergrößerte Überschwemmungsflächen ▪ diverse Wasserspiegelabsenkungen (insbesondere bei Roth und Argenstein)	-

## 8 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Projektes „Hochwasservorsorge an der Lahn zwischen Cölbe und Einmündung Salzböde einschließlich eines Hochwasserschutzkonzeptes für die Ortschaften Roth und Argenstein“ wurden Untersuchungen zum Hochwasserschutz zwischen der Ortslage Cölbe und der Einmündung der Salzböde in die Lahn durchgeführt. Diese umfangreichen wissenschaftlichen Analysen lassen sich im Wesentlichen in zwei Bereiche unterteilen:

1. Untersuchung zur Aktivierung von Retentionsflächen zwischen der Ortschaft Cölbe und der Einmündung der Salzböde in die Lahn.
2. Erarbeitung eines Hochwasserschutzkonzeptes für die Ortschaften Roth und Argenstein (lokaler Hochwasserschutz).

Untersuchungen zur Abschätzung der großräumigen Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahmen zwischen Cölbe und der Einmündung der Salzböde auf den Wellenablauf der Lahn bis zum Pegel Leun werden in einem gesonderten Bericht behandelt.

Für die Analyse der Hochwassersituation zwischen der Ortslage Cölbe und der Einmündung der Salzböde in die Lahn und für die Entwicklung von Hochwasserschutzmaßnahmen in diesem Abschnitt wurde ein zweidimensionales hydrodynamisch-numerisches Modell eingesetzt. Die Kalibrierung des Modells erfolgte anhand des Hochwasserereignisses vom Februar 1984 und den dazugehörigen gemessenen Wasserspiegeln.

Neben der geometrischen Situation „alter Istzustand“, die für die Kalibrierung heran gezogen wurde, ist ein „zukünftiger Istzustand“ analysiert worden. Dieser beinhaltet alle für die Hochwassersituation wesentlichen gerade im Bau befindlichen bzw. sicher zur Ausführung kommenden Baumaßnahmen im Untersuchungsgebiet.

Die im Rahmen dieses Projektes betrachteten Szenarien zum Hochwasserschutz sind zum einen lokale Hochwasserschutzmaßnahmen und zum anderen Maßnahmen, die die Retention stärken und somit den Hochwasserschutz für die Unterlieger verbessern. In den durchgeführten Untersuchungen wurden zunächst einzelne Hochwasserschutzvarianten separat und schließlich auch die Kombination verschiedener Maßnahmen in einem Variantenmix analysiert. Die Beurteilung der unterschiedlichen Szenarien bzgl. der Hochwassersituation erfolgt mittels der Betrachtung von Änderungen der Wasserspiegellagen und Überschwemmungsflächen sowie Veränderungen des Wellenscheitels von Hochwasserwellen (Differenz Abfluss und zeitliche Verschiebung) im Vergleich zum zukünftigen Istzustand für verschiedene Abflüsse. Die wesentlichen Ergebnisse der Planungsszenarien werden in der Tab. 7-5 zusammengefasst.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass es möglich ist, den lokalen Hochwasserschutz in Argenstein und Roth zu verbessern und gleichzeitig die Retentionsfähigkeit in diesem Gebiet zu erhöhen, so dass vor der Einmündung der Salzböde unterstrom keine Verschärfung der Hochwassersituation durch oberstrom durchgeführte lokale Hochwasserschutzmaßnahmen eintritt.

Die Untersuchungen stellen somit eine Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung grundsätzlich möglicher Hochwasserschutzmaßnahmen an der Lahn zwischen der Ortslage Cölbe und der Einmündung der Salzböde in die Lahn dar. Bei den durchgeführten prinzipiellen Analysen sind die Kriterien Kosteneffizienz und Verfügbarkeit von Grundstücken nicht berücksichtigt.

Die genaue Ausgestaltung möglicher Maßnahmen unter Berücksichtigung der zuvor genannten Kriterien sowie der baulichen Optimierung ist in einer späteren tieferen Planungsebene zu klären. Dabei sind auch noch gewässerökologische und morphologische Aspekte zu berücksichtigen.

Kassel, Dezember 2010

Prof. Dr.-Ing. S. Theobald

## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Beffa, C., 2004: FLUMEN User Manual; [www.fluvial.ch](http://www.fluvial.ch); Mai 2008.
- [2] Beffa, C., 2009: reference FLUMEN v2.1; [www.fluvial.ch](http://www.fluvial.ch); Juli 2009.
- [3] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV) 2007: Retentionskataster Hessen. Landesweite Übersicht der Schadenspotenziale bei HQ<sub>100</sub> für das Land Hessen, Wiesbaden.
- [4] Musall, M., Stelzer, C., Theobald, S. und F. Nestmann, 2006: Numerische Modelle bei der wasserbaulichen Planung, Wasserwirtschaft 9/2006, S. 20-25.
- [5] Theobald, S. und S. Müller, 2010: Optimizing Flood Protection by using two-dimensional HN-models; First IAHR European Congress, May 2010, Edinburgh.
- [6] Theobald, S., Oberle, P. und F. Nestmann, 2004: Simulationswerkzeuge für das operationelle Hochwassermanagement, Wasserwirtschaft 12/2004, S. 23 – 28.
- [7] Tönsmann, F. und T. Lang, 2002: Vorbeugender Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der hessischen Lahn, Kasseler Wasserbau-Materialien, Band 17, Gießen.

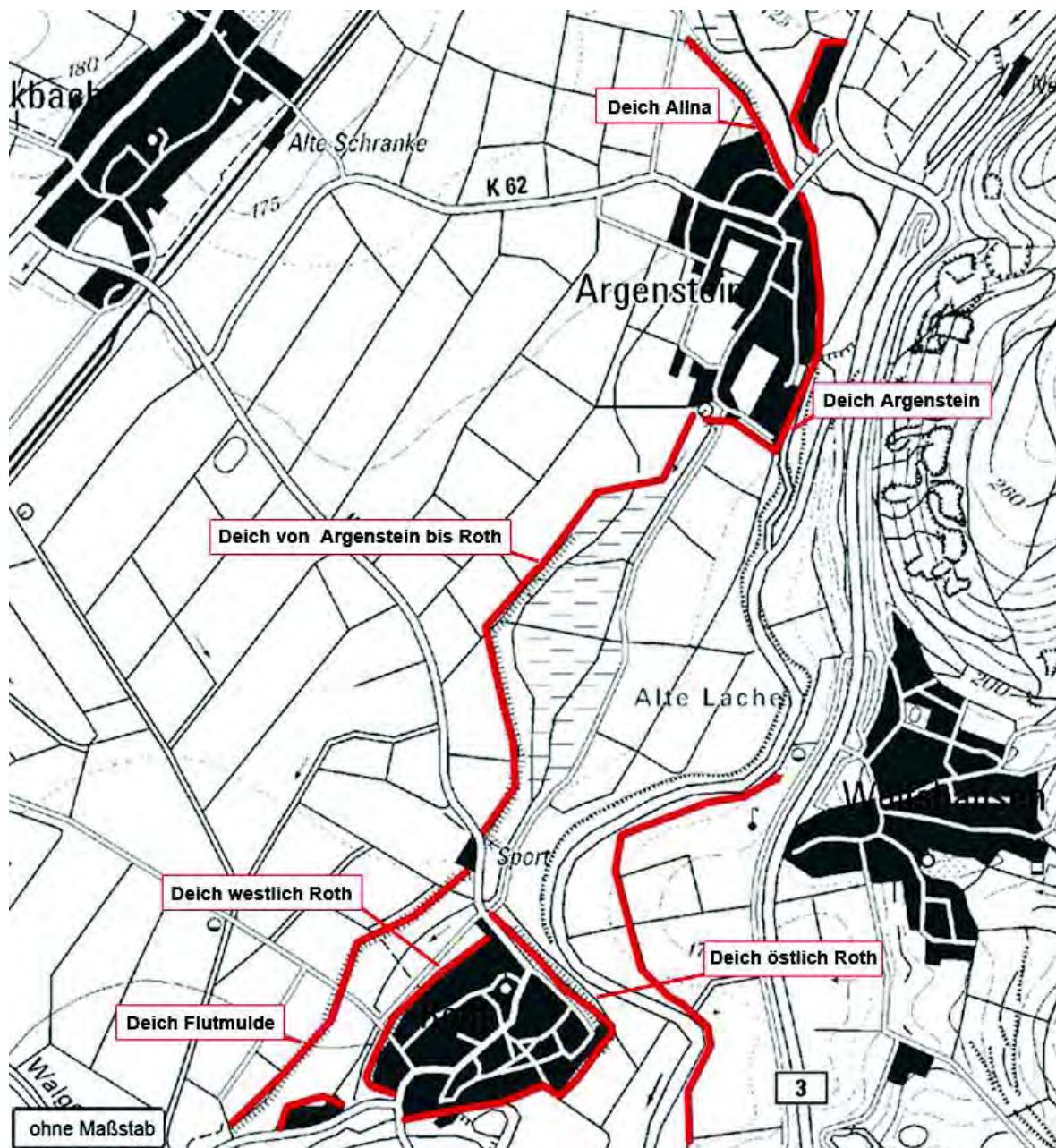
## **ANLAGENVERZEICHNIS**

### **Anlagen A**

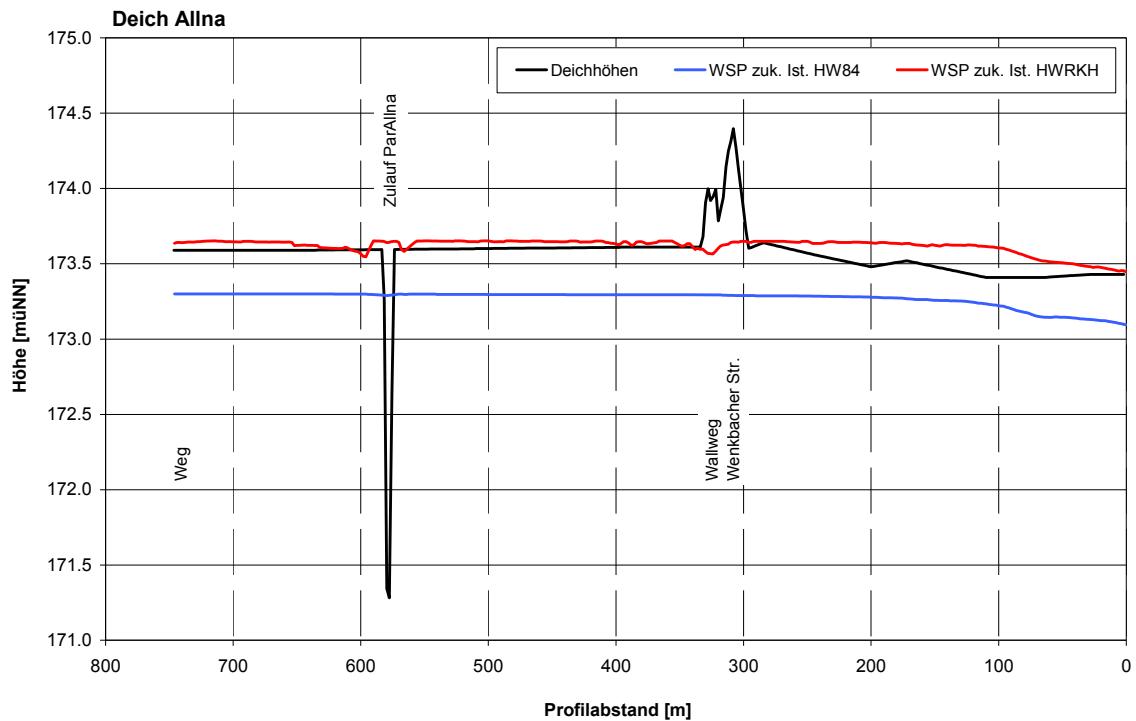
- A1: Wasserspiegellängsschnitte für wesentliche Deiche um Argenstein und Roth(zukünftiger Istzustand)
- A2: Überschwemmungsflächen und Wassertiefen der Hochwasserereignisse
- A3: Scheitelreduzierung im Poldermix
- A4: Scheitelreduzierung im Variantenmix

### **Anlagen B**

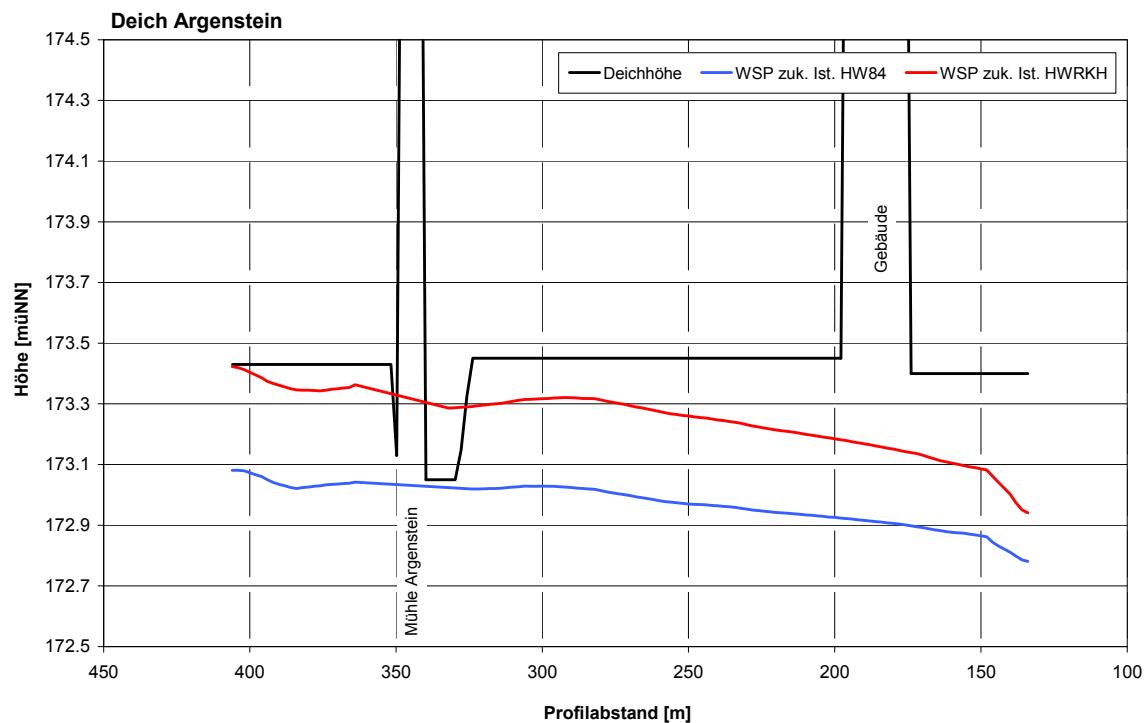
Datenträger

**Anlage A1: Wasserspiegellängsschnitte für wesentliche Deiche um Argenstein und Roth (zukünftiger Istzustand)**

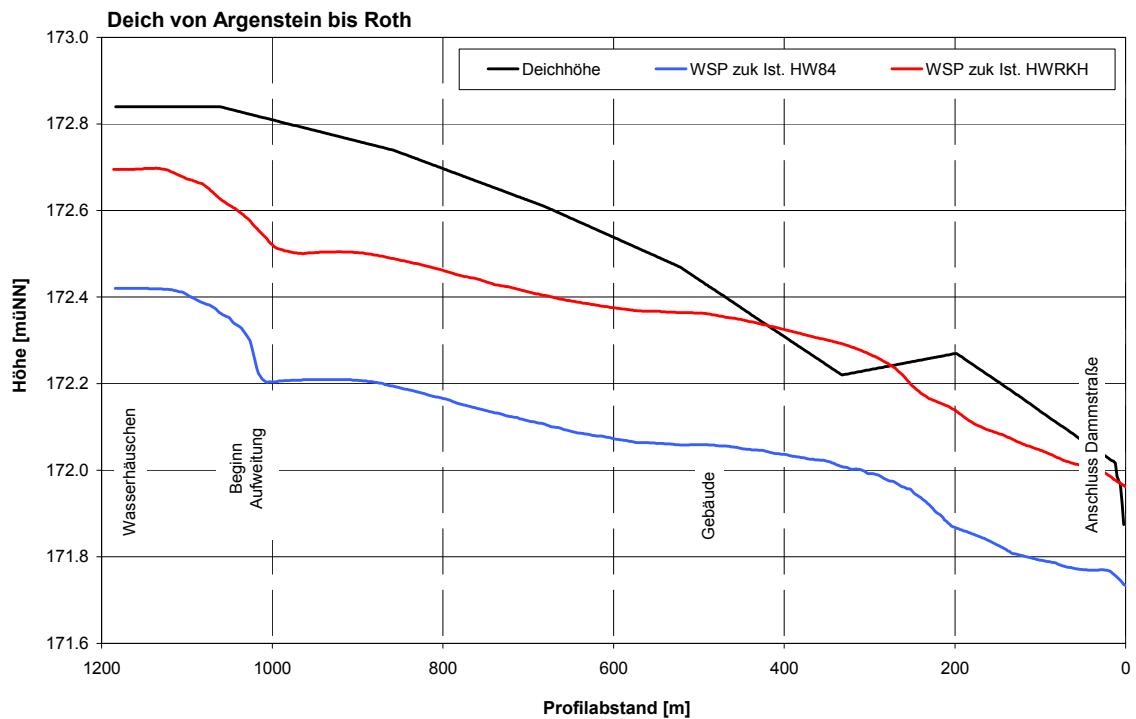
Lage der Deiche bei Argenstein und Roth



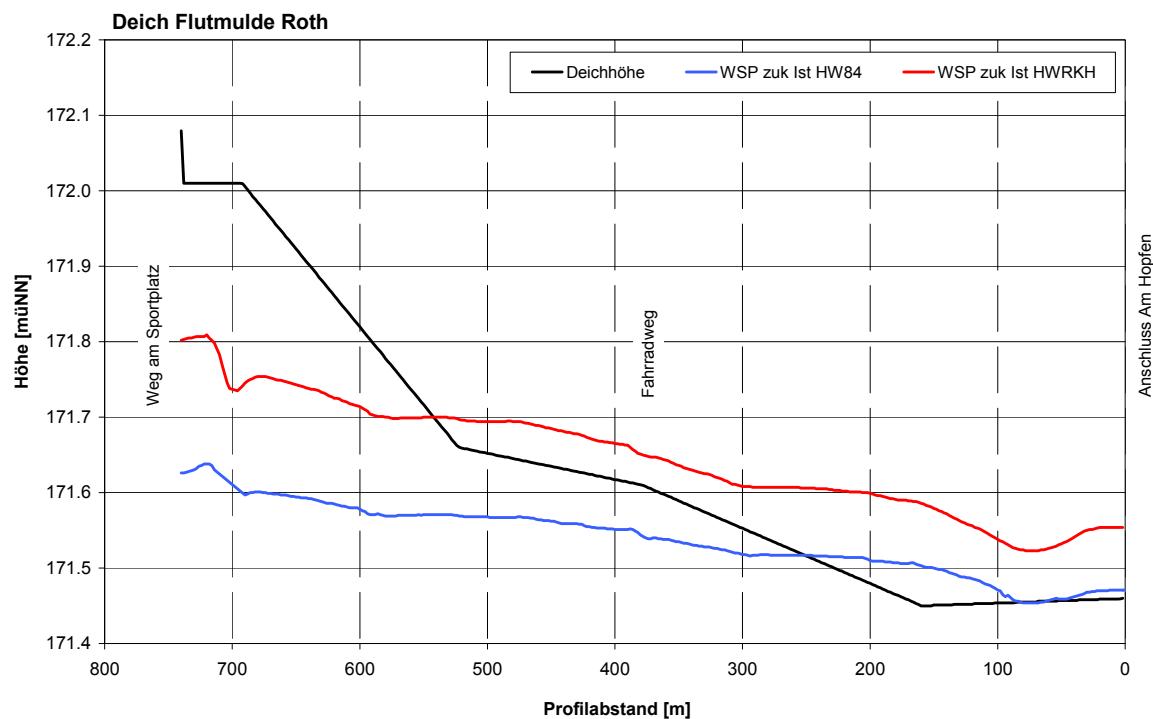
Deich Allna



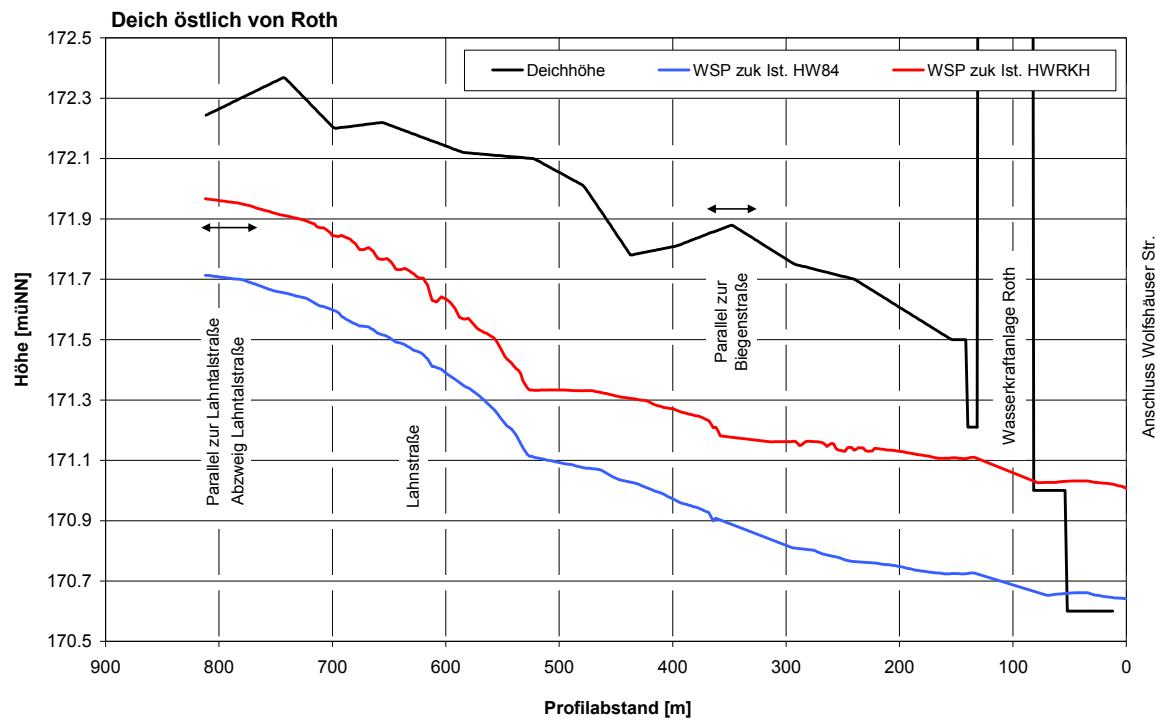
Deich Argenstein



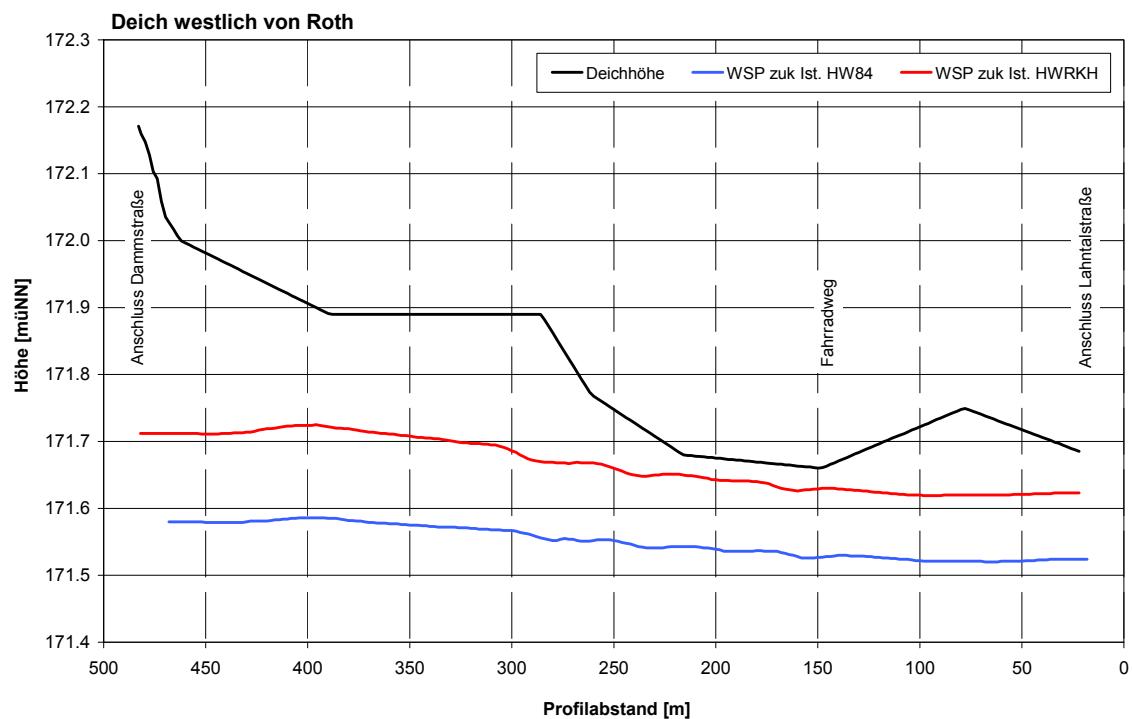
Deich von Argenstein bis Roth



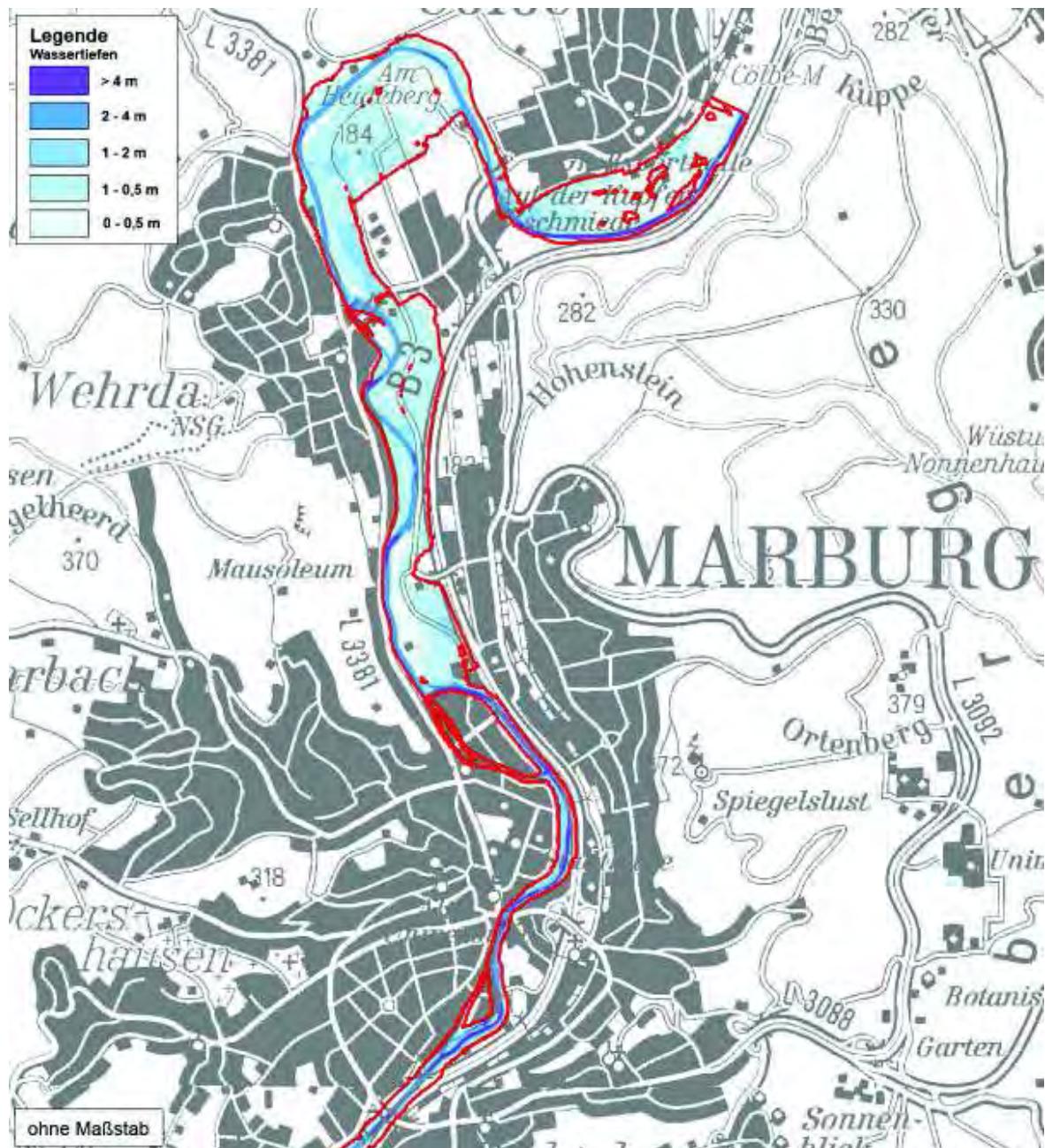
Deich Flutmulde Roth



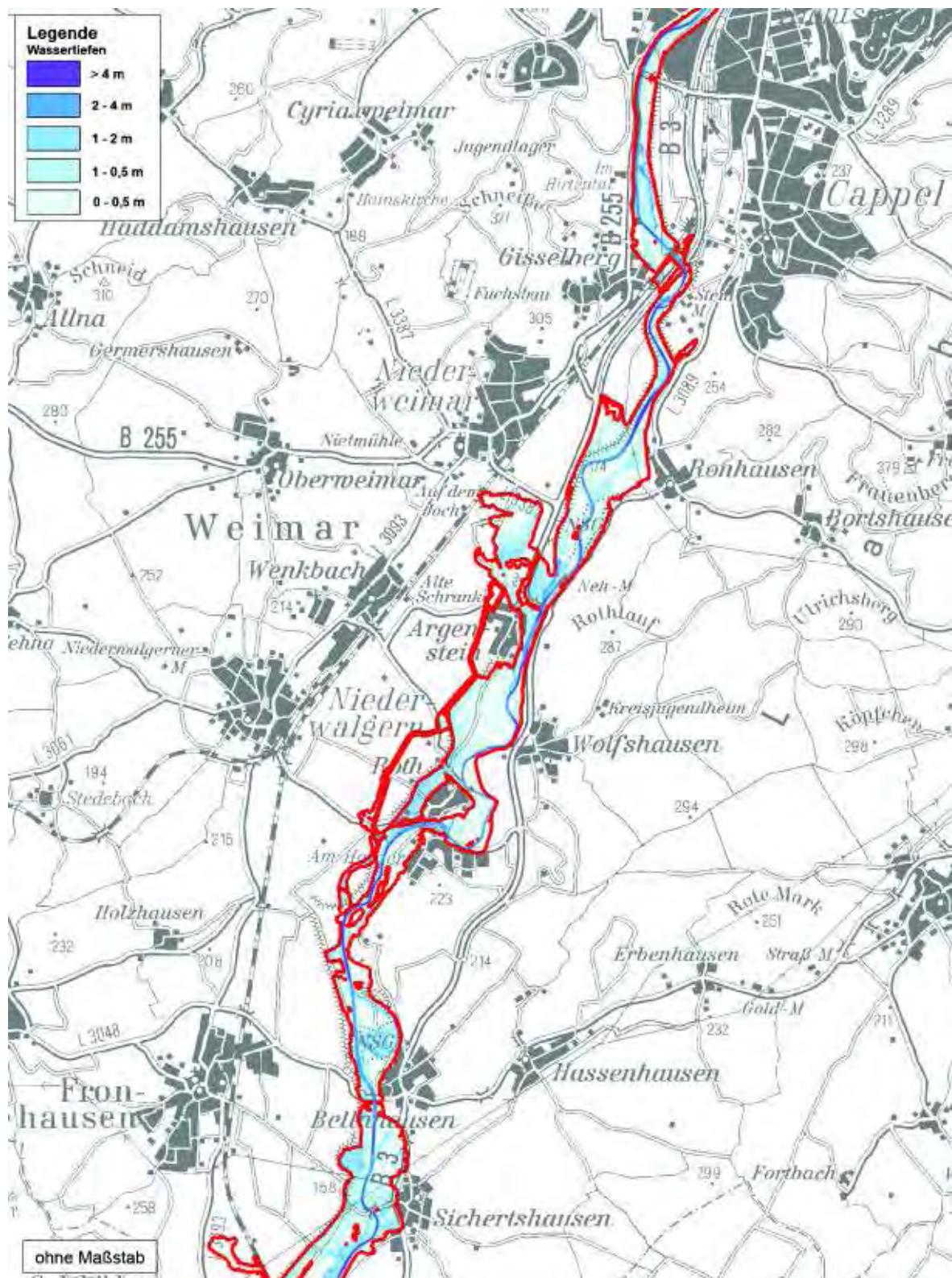
Deich östlich von Roth



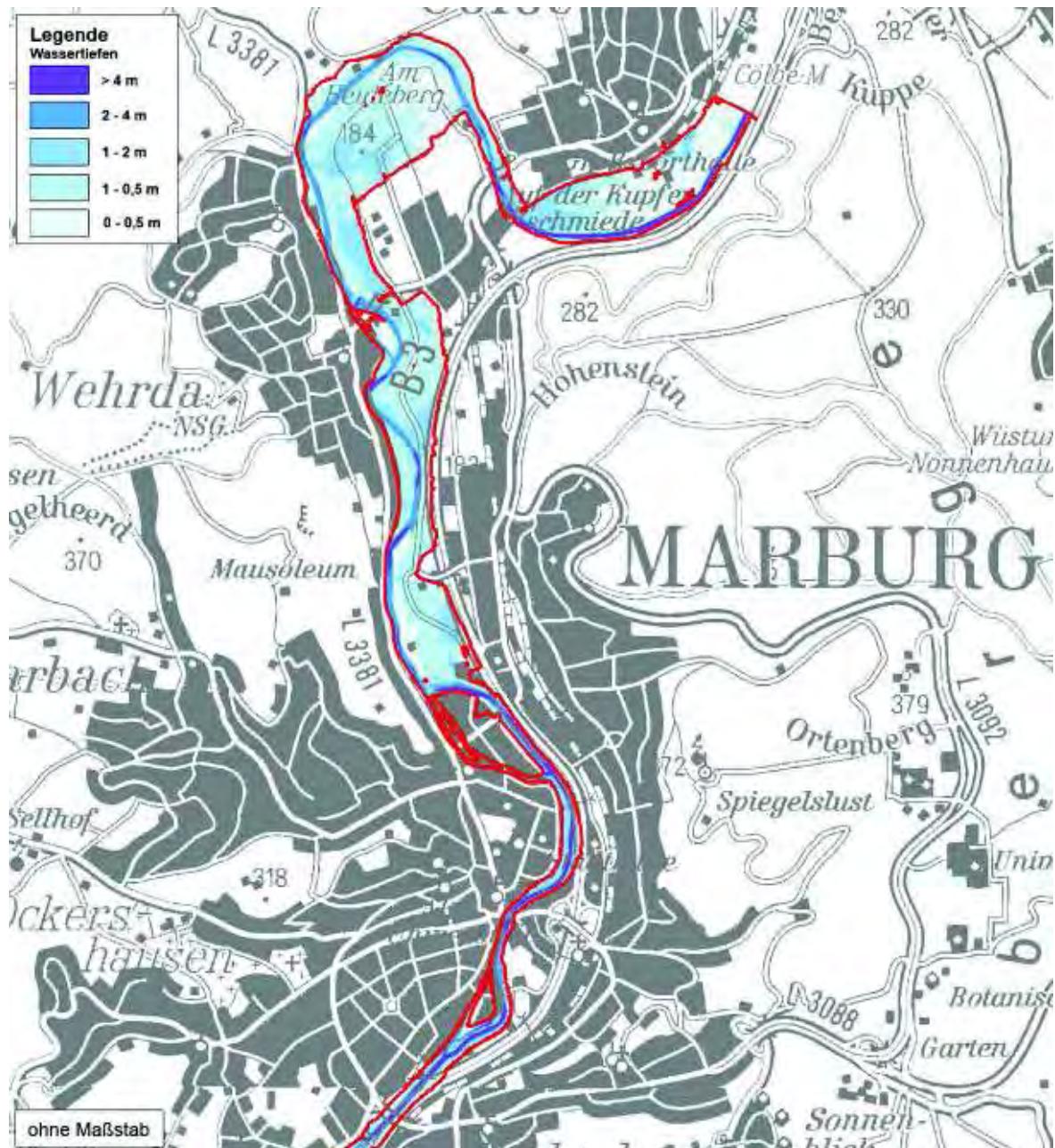
Deich westlich von Roth

**Anlage A2: Überschwemmungsflächen und Wassertiefen der Hochwasserereignisse**Anlage A2.1: HQ<sub>10</sub>

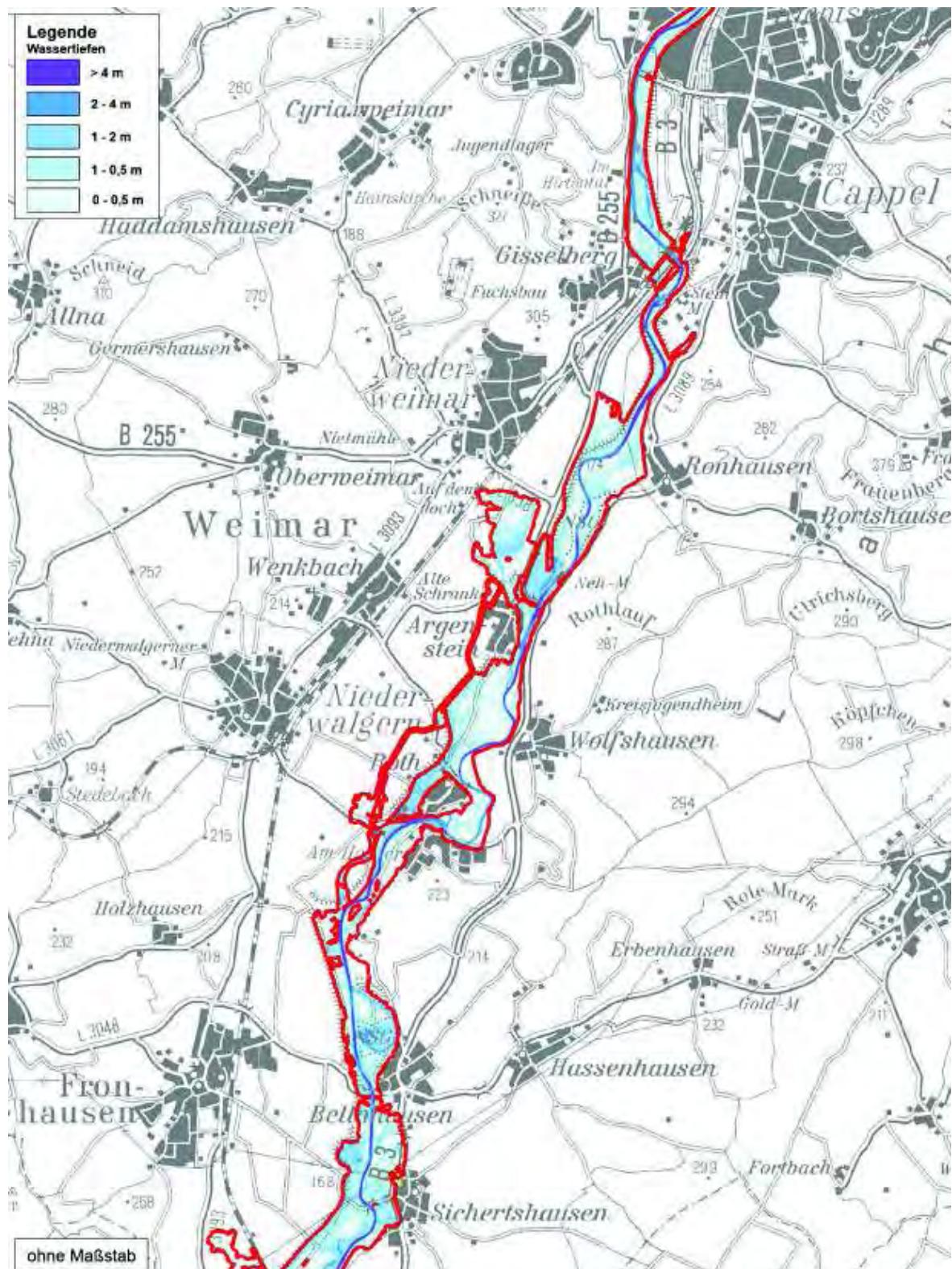
Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>10</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; zukünftiger Istzustand



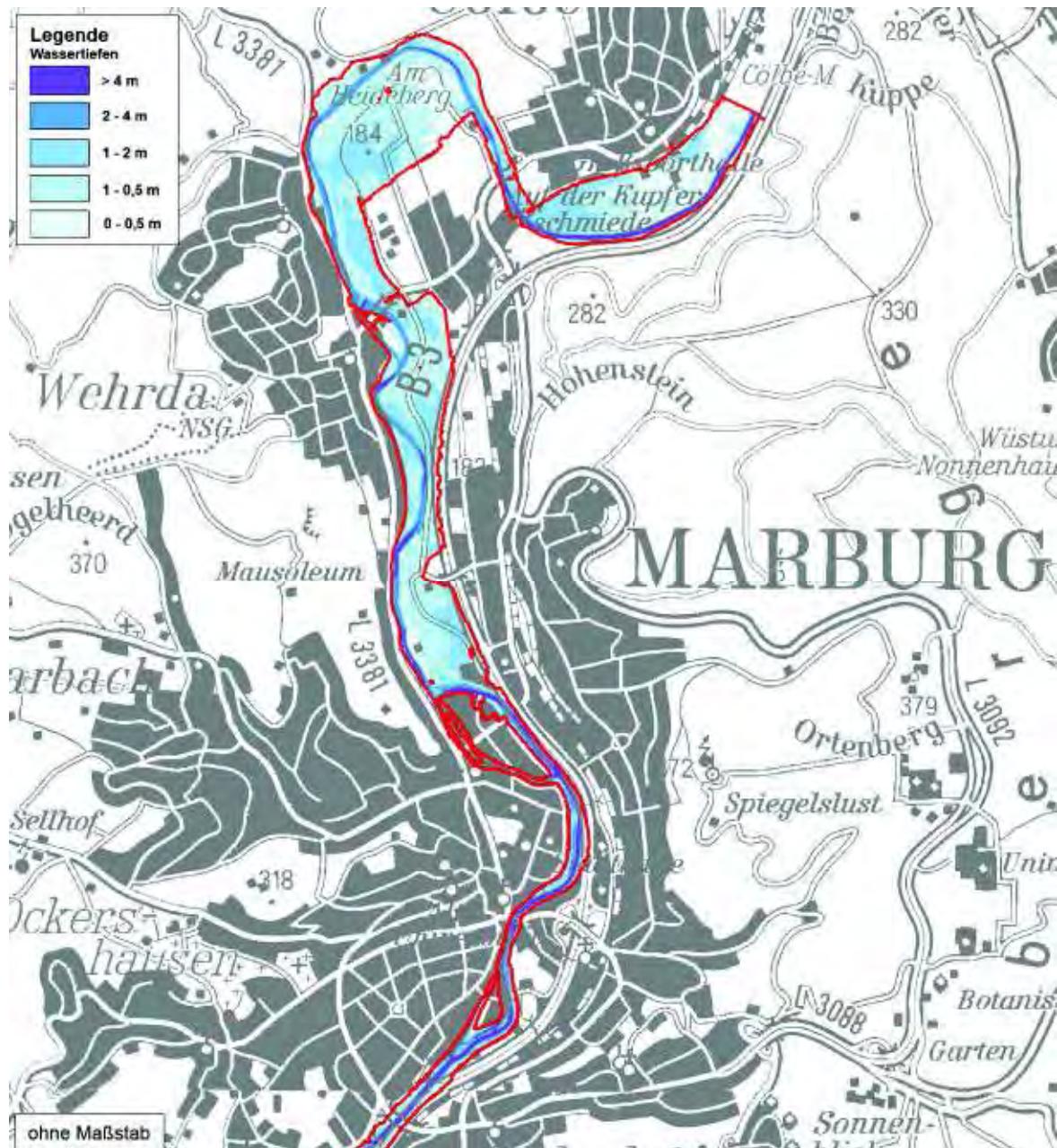
Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>10</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; zukünftiger Istzustand

Anlage A2.2: HQ<sub>20</sub>

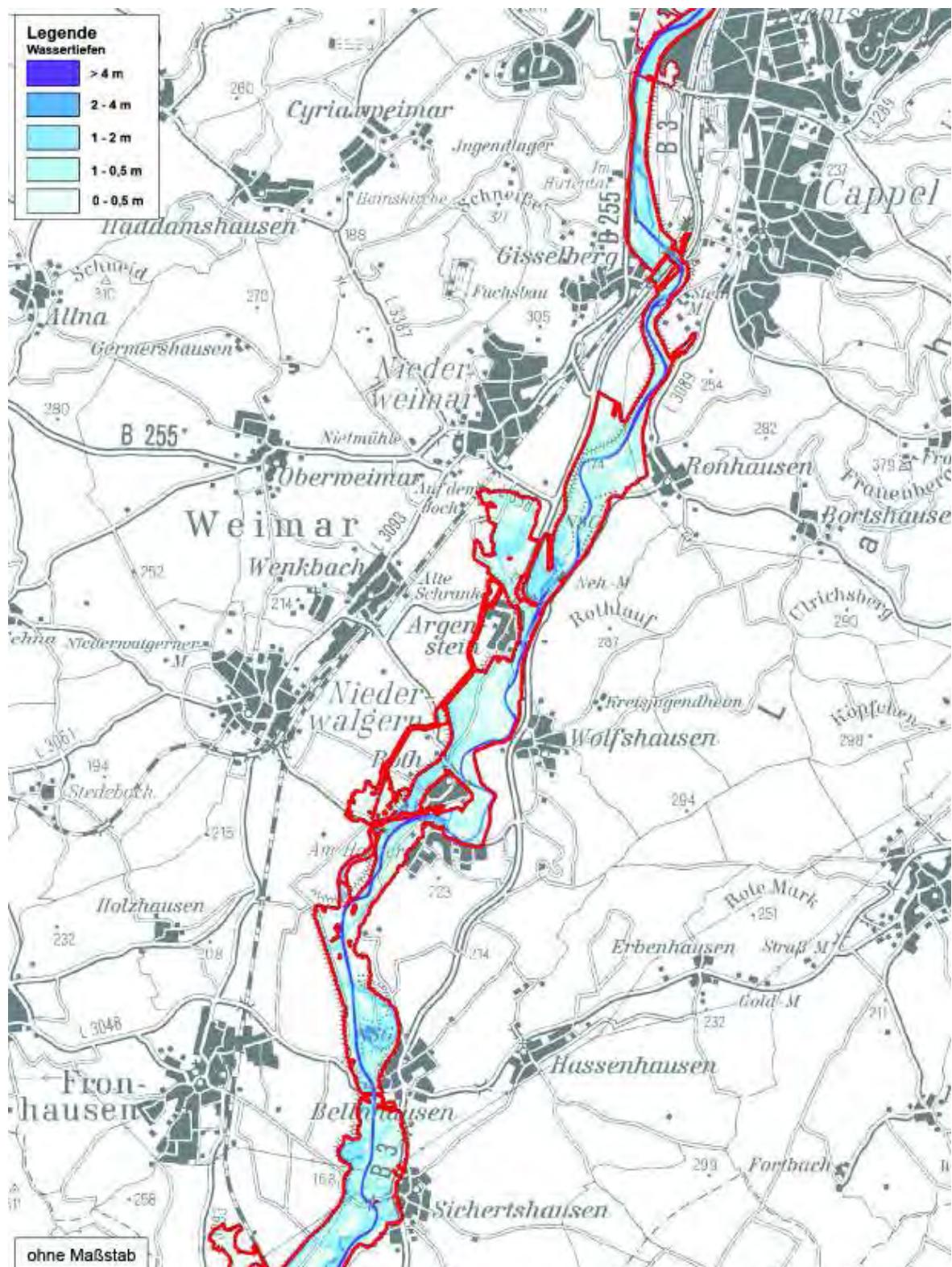
Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>20</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; zukünftiger Istzustand



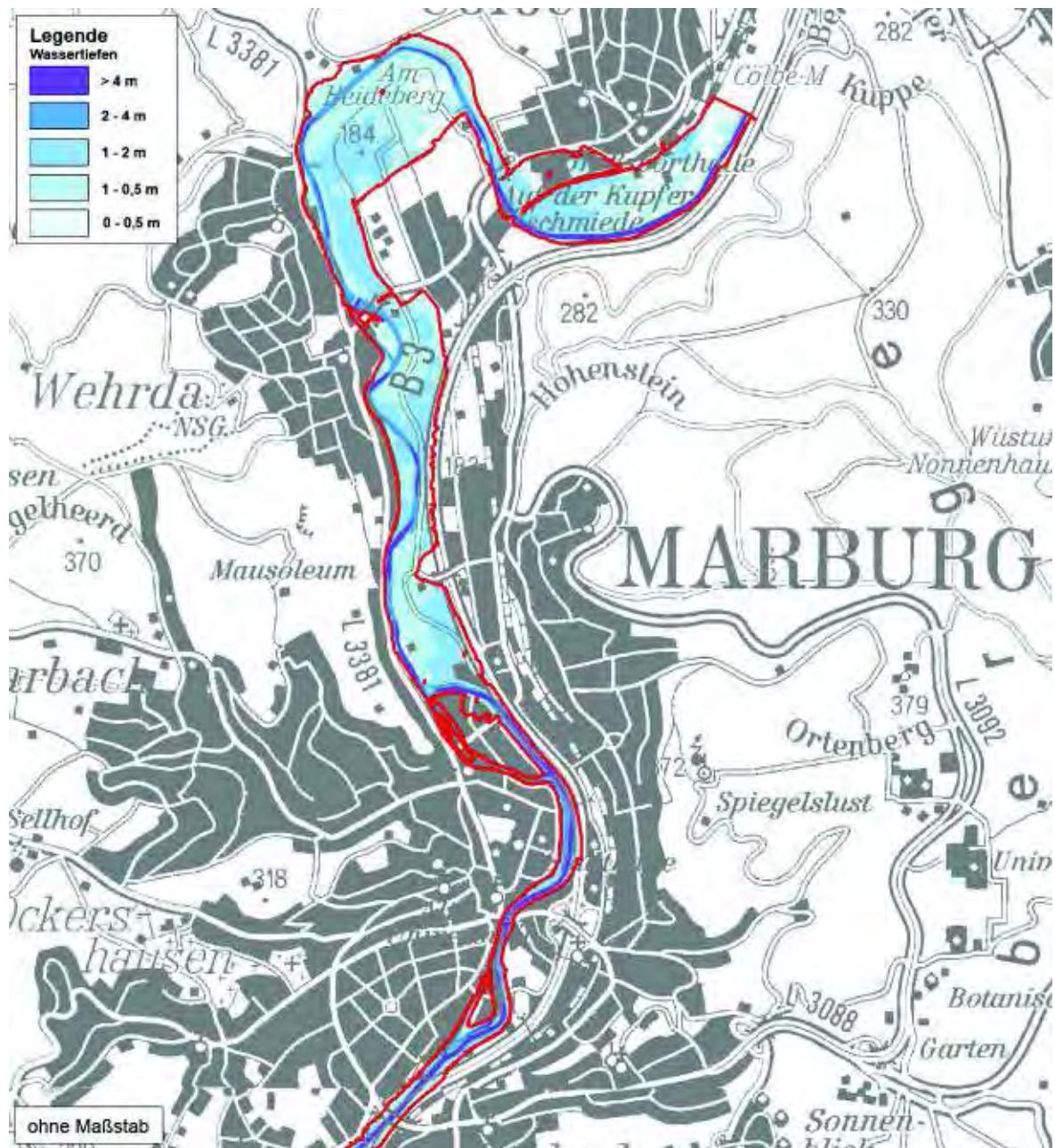
Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>20</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; zukünftiger Istzustand

Anlage A2.3: HQ<sub>50</sub>

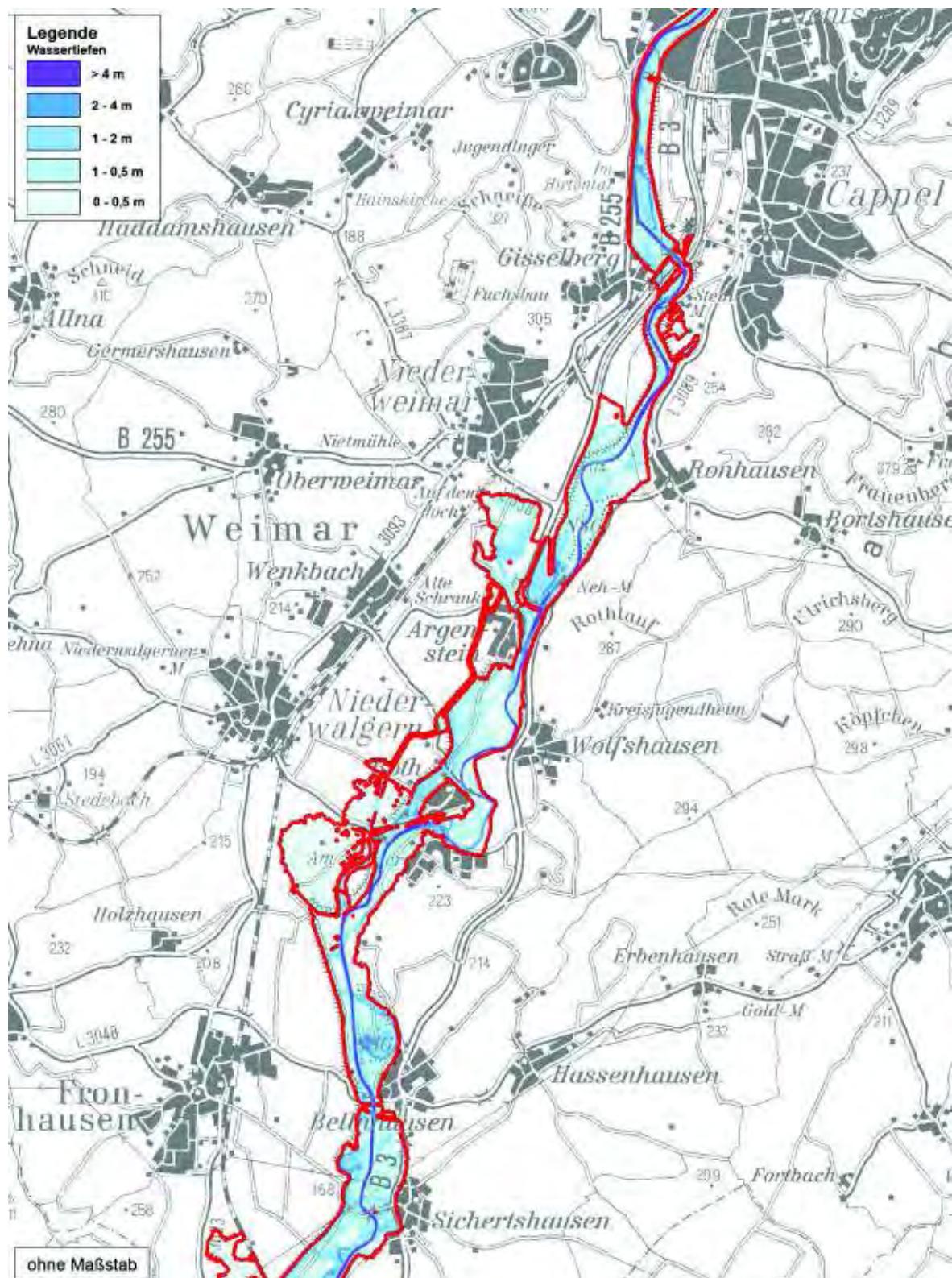
Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>50</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; zukünftiger Istzustand



Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>50</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; zukünftiger Istzustand

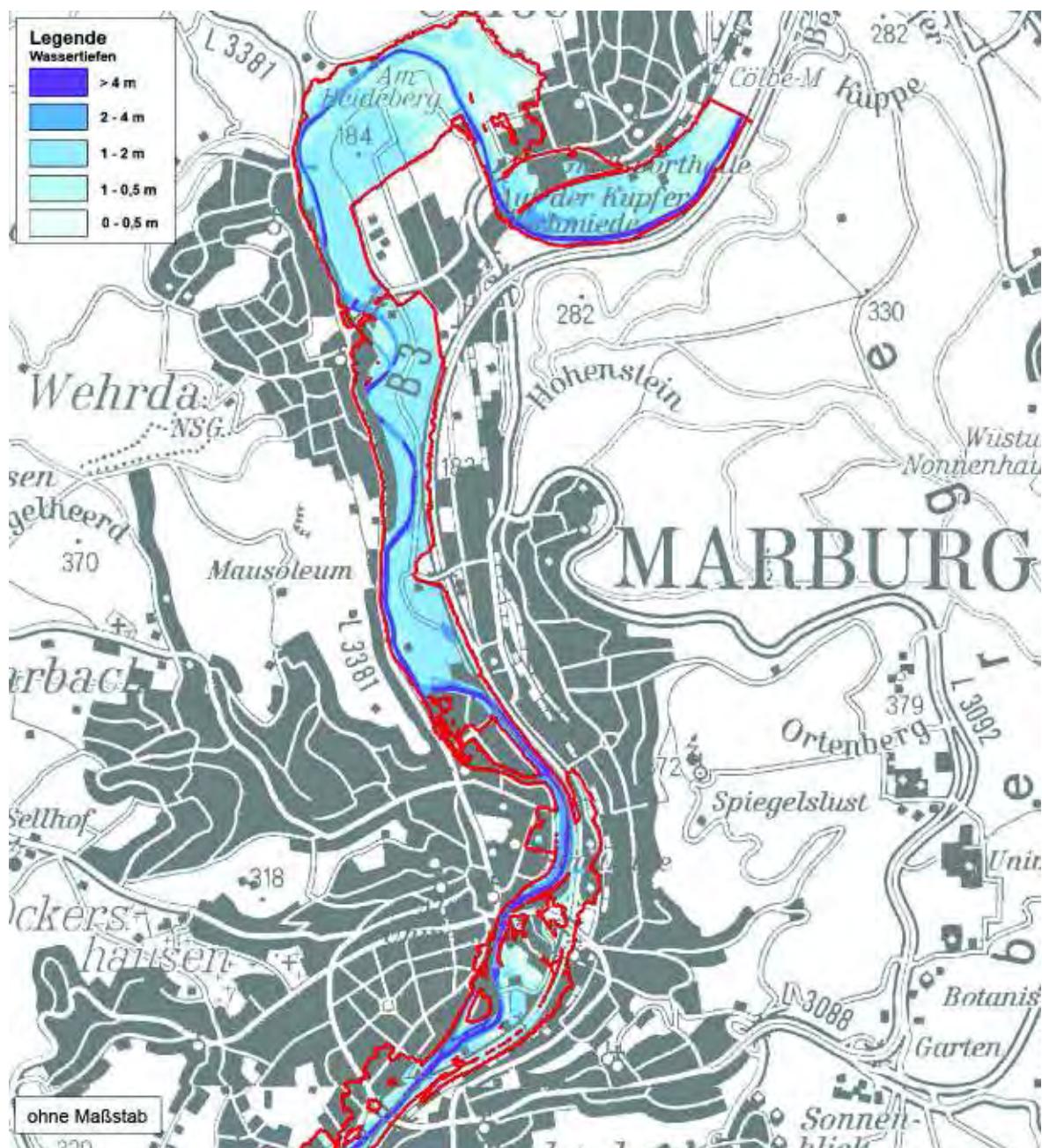
Anlage A2.4: HQ<sub>100</sub>

Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>100</sub> im Bereich Cölbe - Marburg; zukünftiger Istzustand

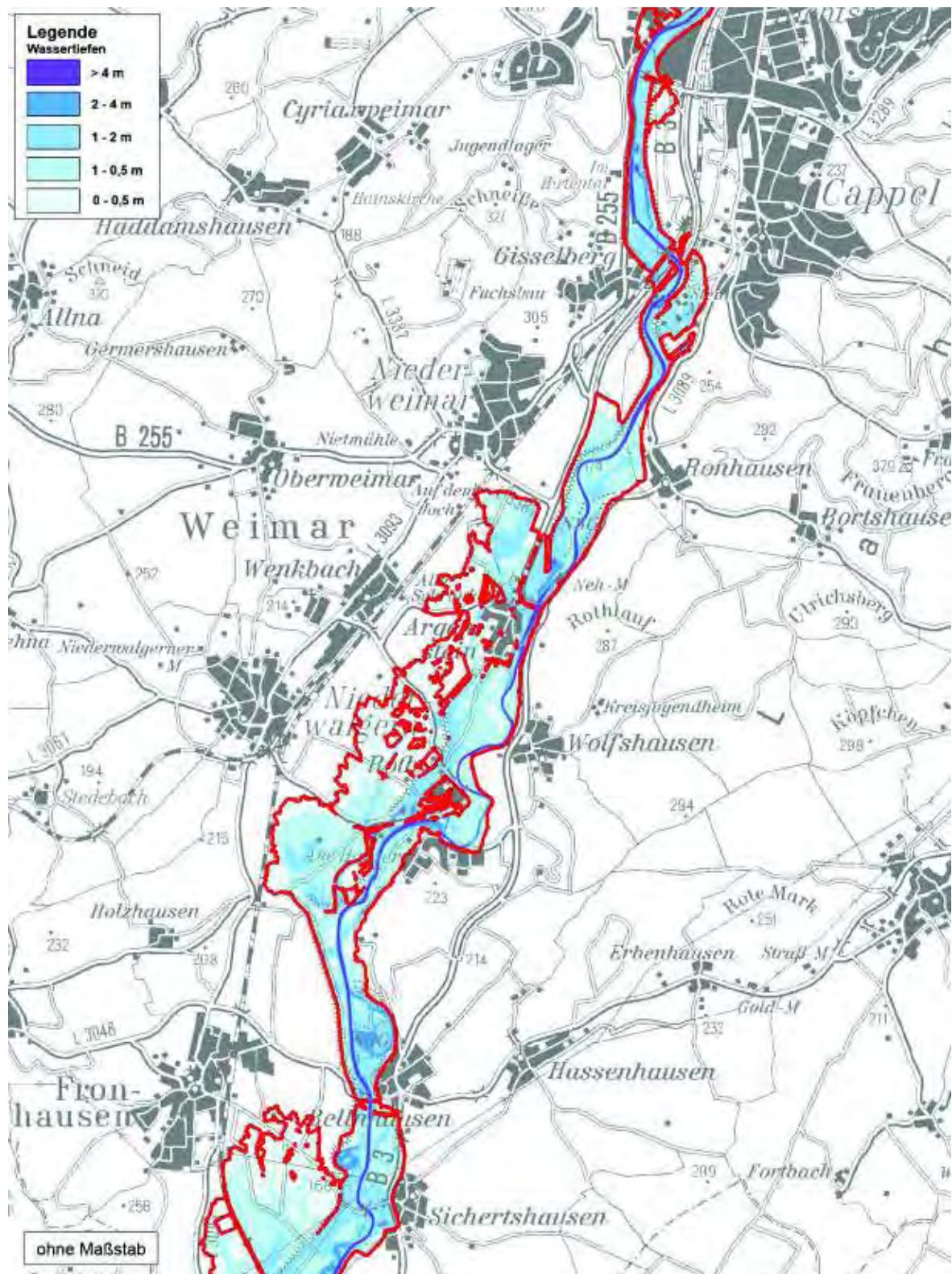


Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HQ<sub>100</sub> im Bereich Marburg - Salzböde; zukünftiger Istzustand

## Anlage A2.5: HHQ



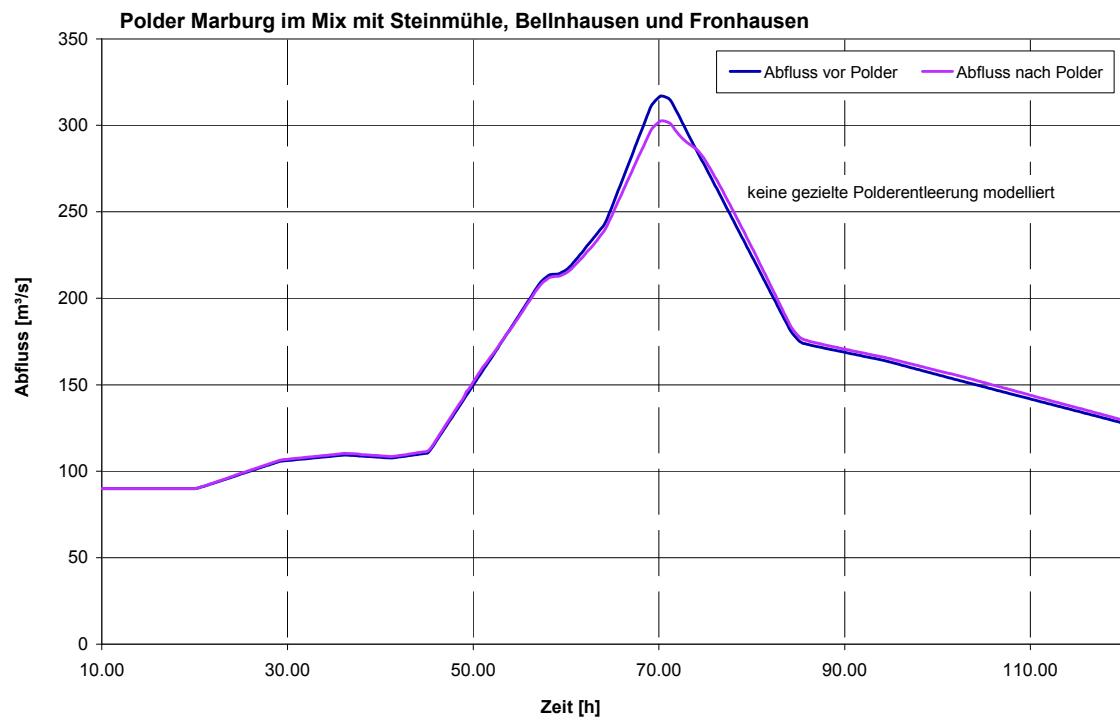
Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HHQ im Bereich Cölbe - Marburg; zukünftiger Istzustand



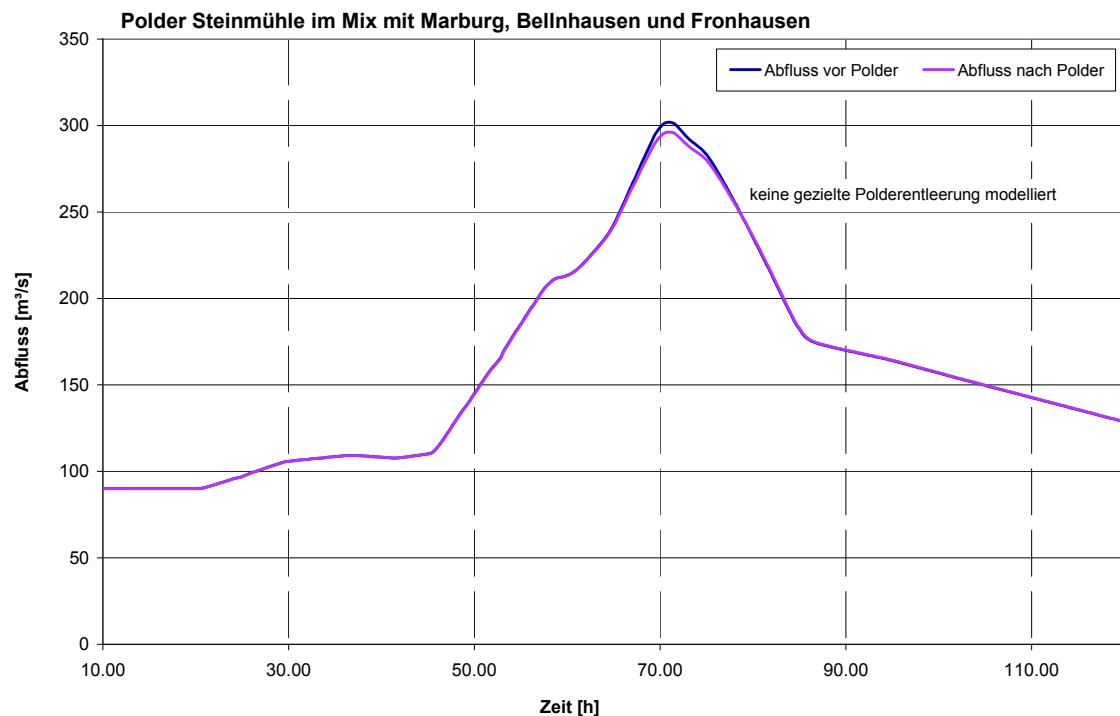
Überschwemmungsfläche (rot umrandet) und Wassertiefen für das HHQ im Bereich Marburg - Salzböde; zukünftiger Istzustand

### Anlage A3: Scheitelreduzierung im Poldermix

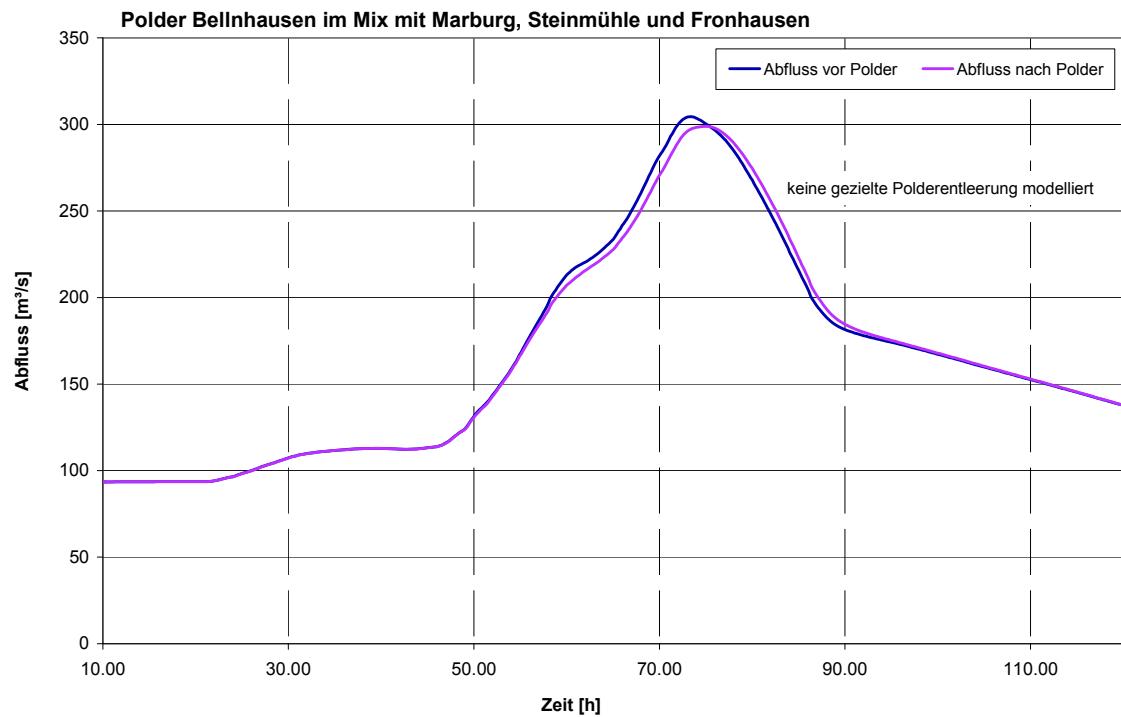
Anlage A3.1: HW<sub>84</sub> (Polder Bellnhausen ungesteuert)



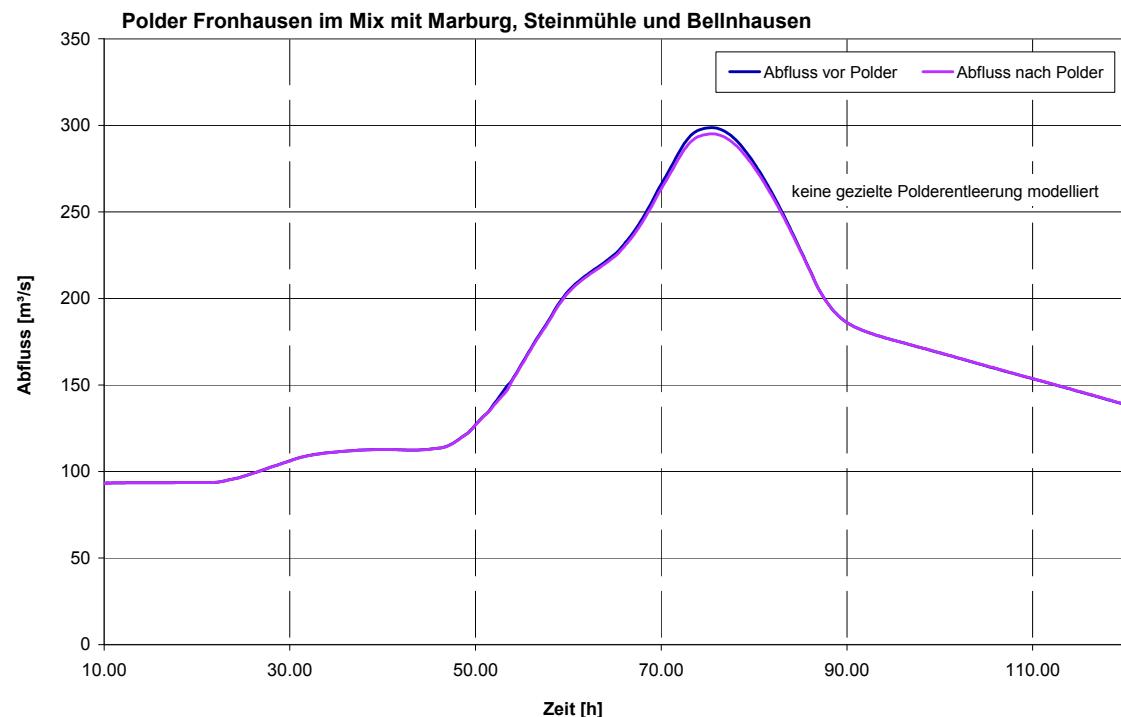
Polder Marburg



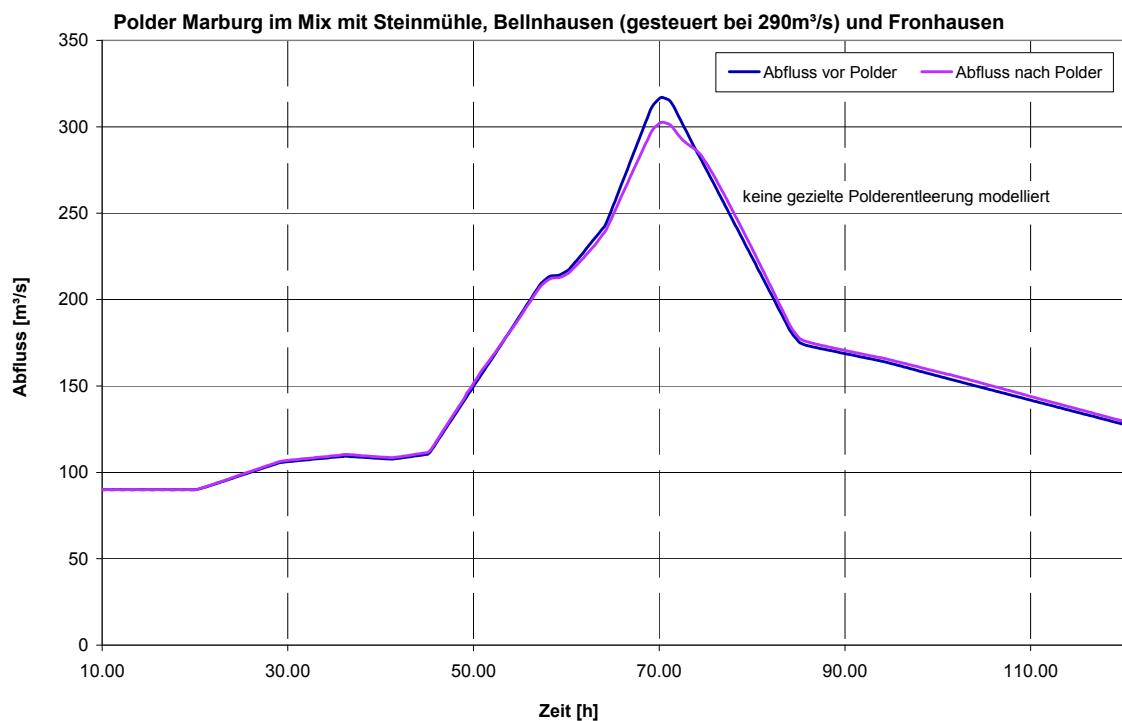
Polder Steinmühle



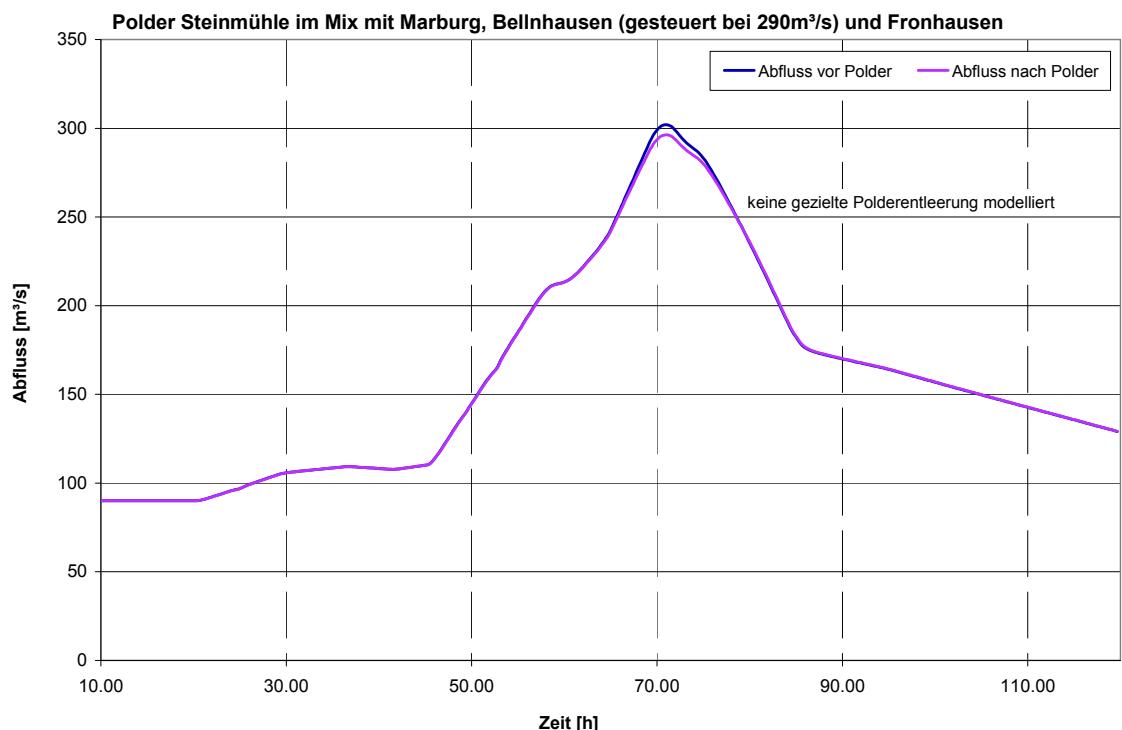
Polder Bellnhausen



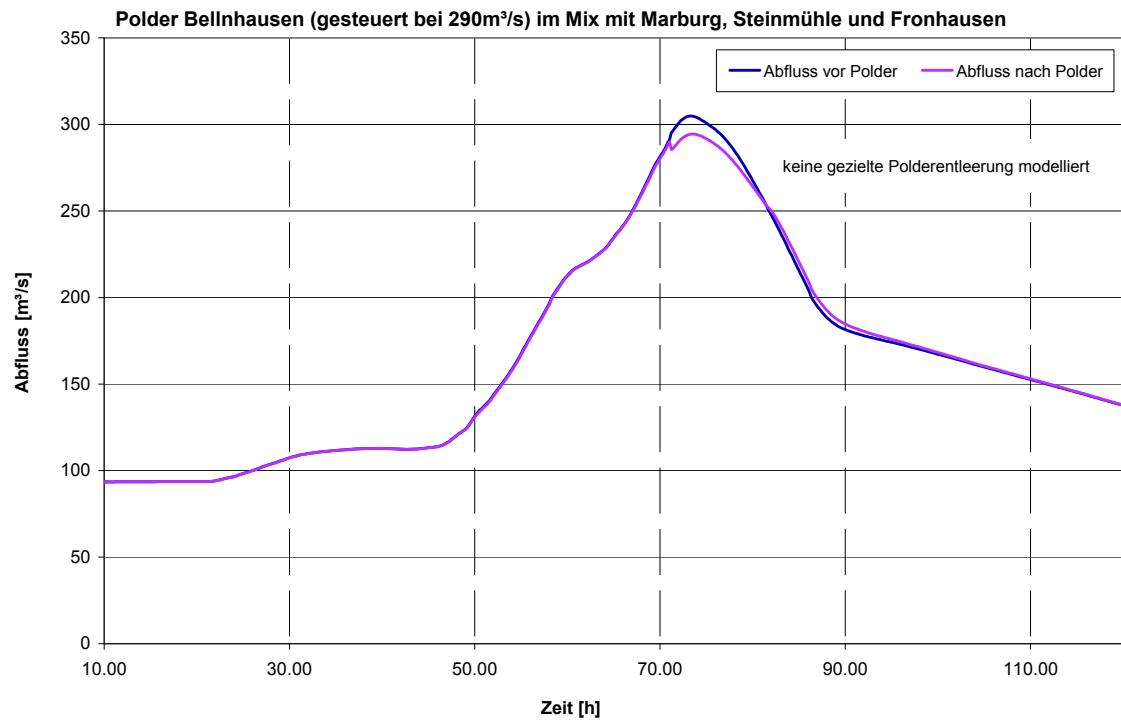
Polder Fronhausen

Anlage A3.2: HW<sub>84</sub> (Polder Bellnhausen gesteuert)

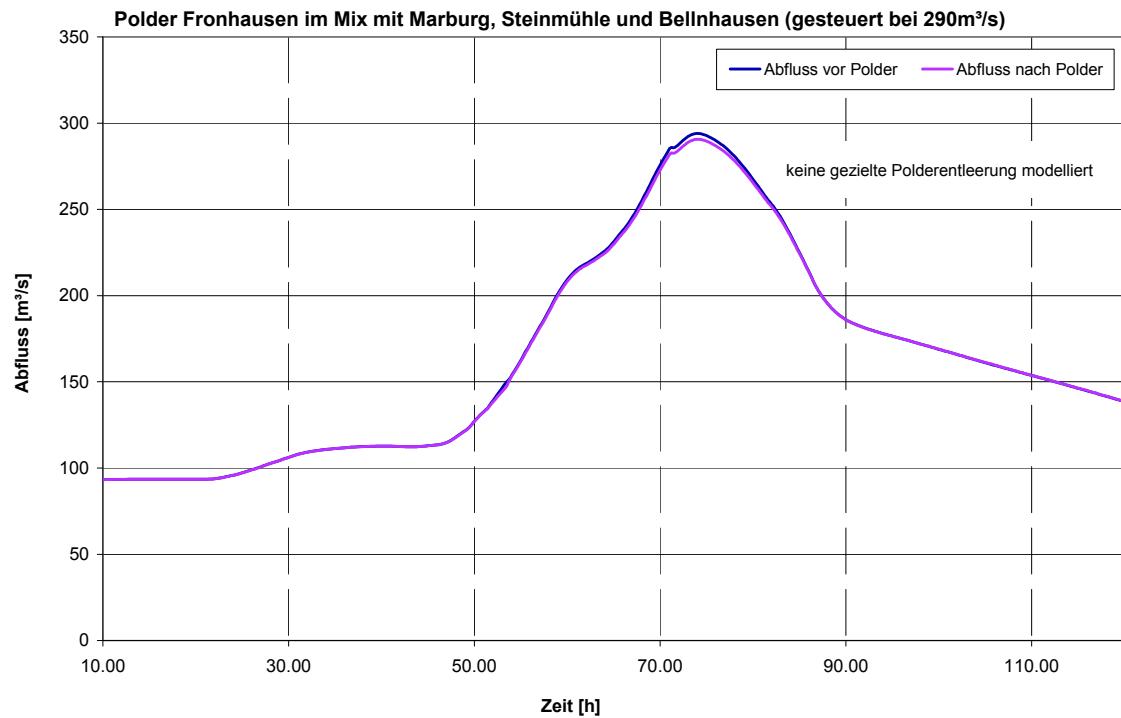
Polder Marburg



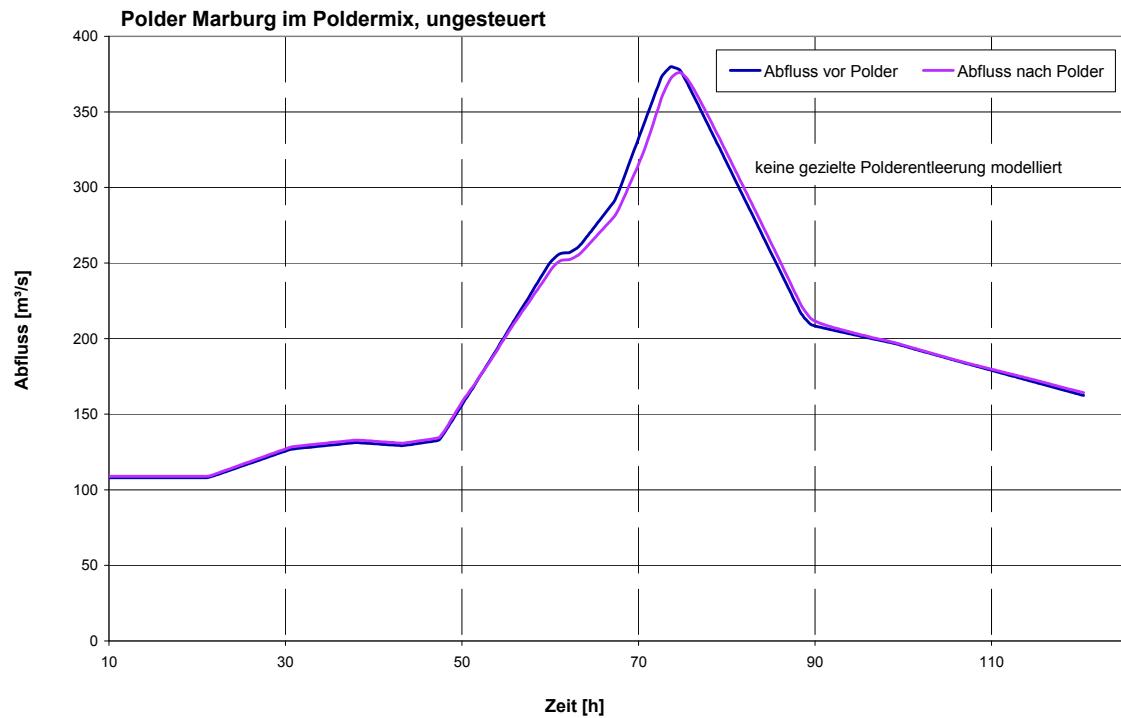
Polder Steinmühle



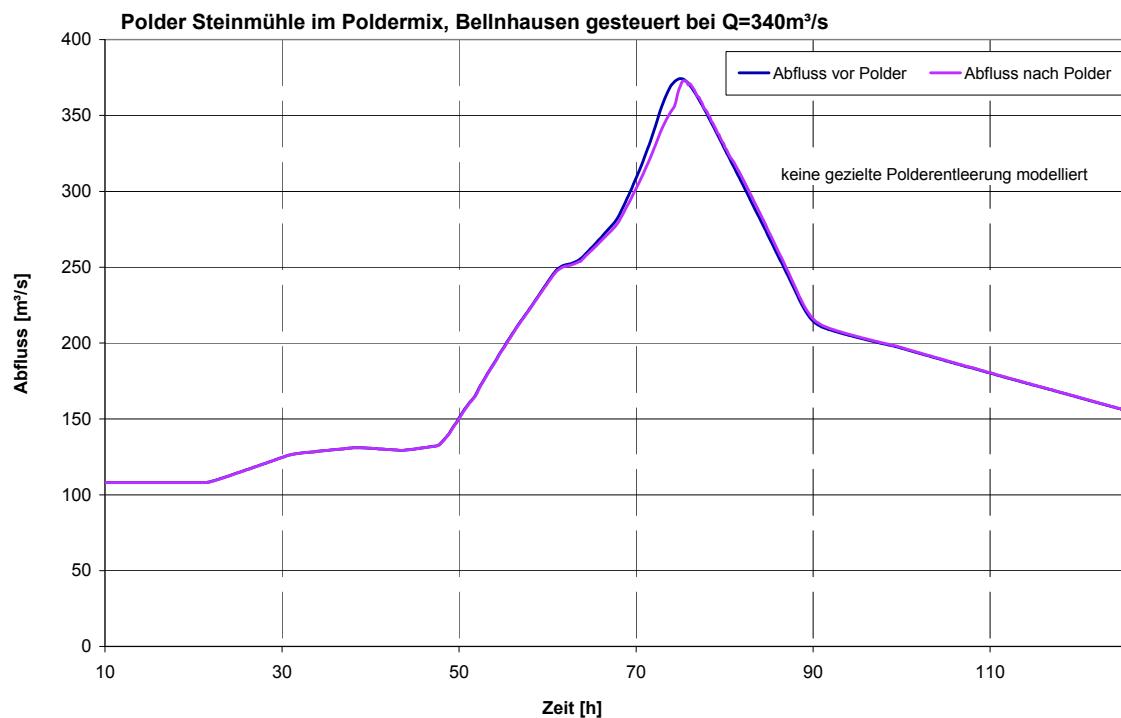
Polder Bellnhausen



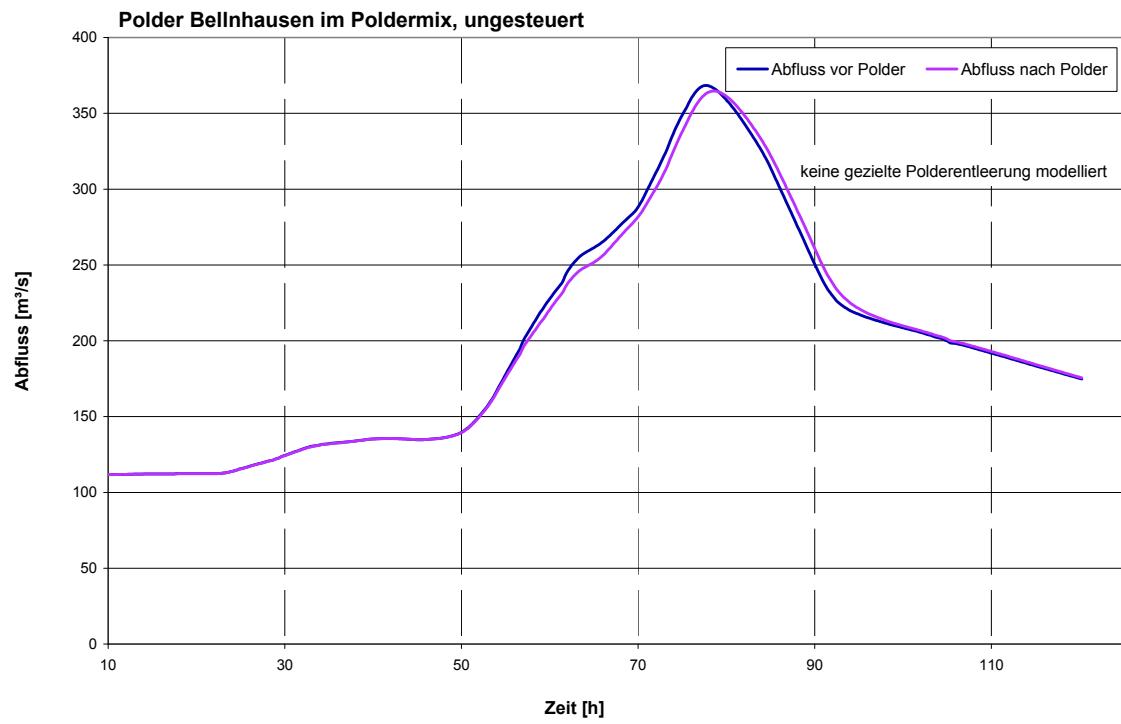
Polder Fronhausen

Anlage A3.3: HW<sub>generiert</sub> (Polder Bellnhausen ungesteuert)

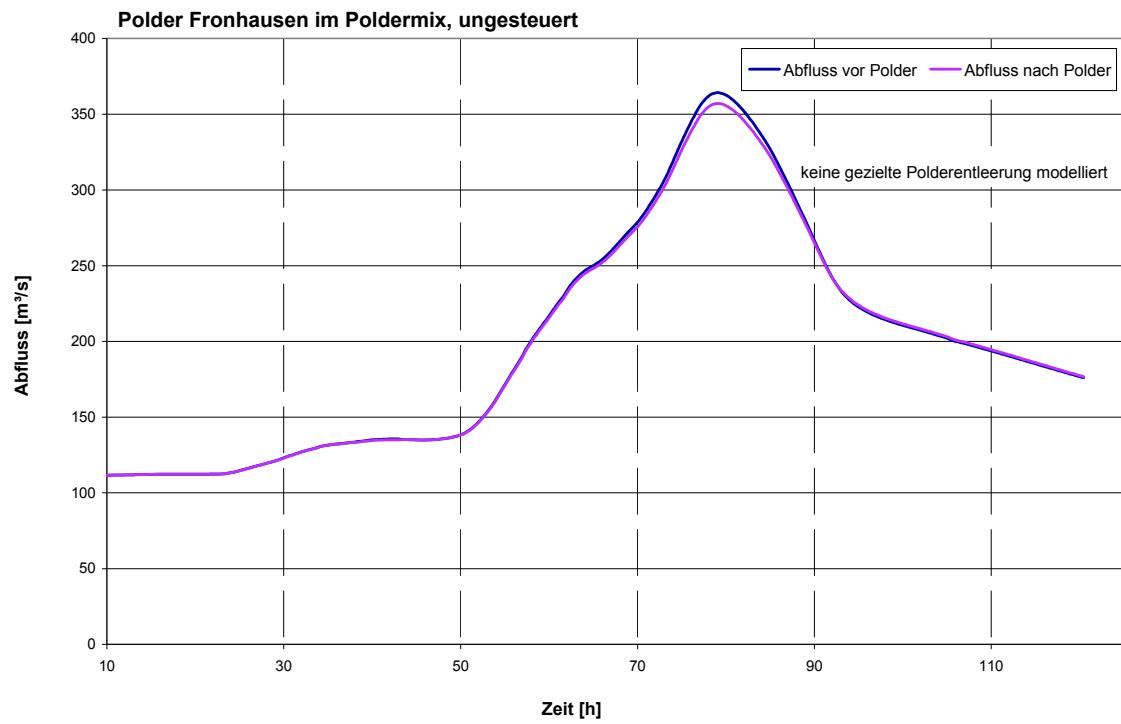
Polder Marburg



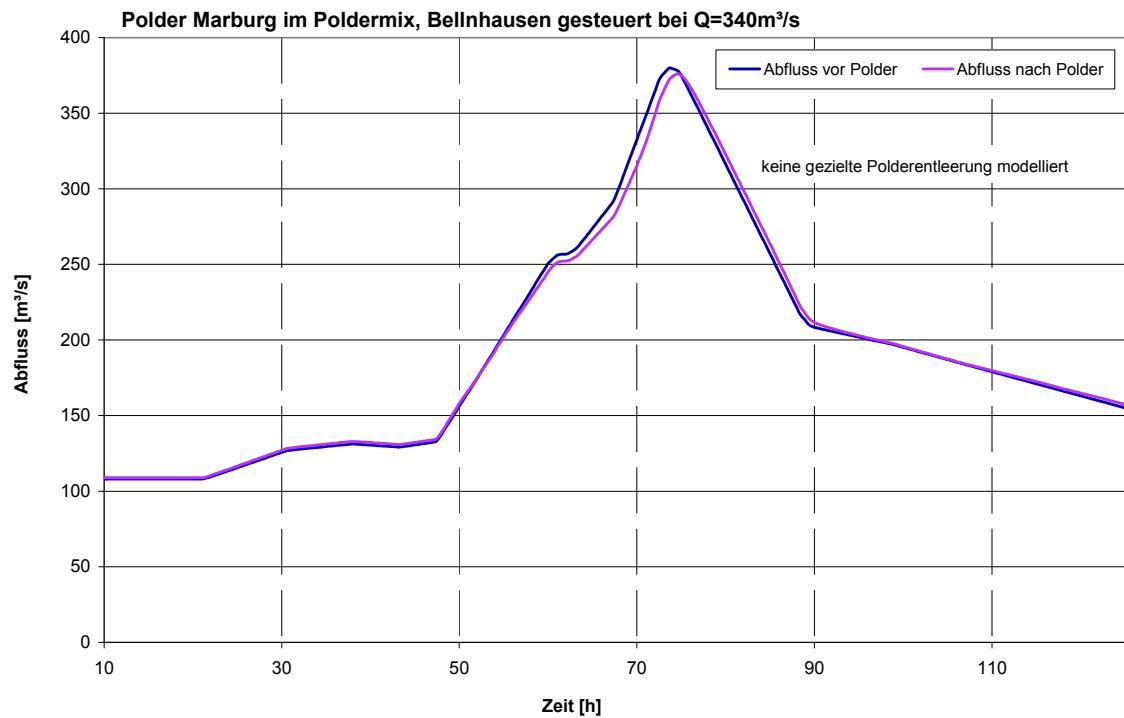
Polder Steinmühle



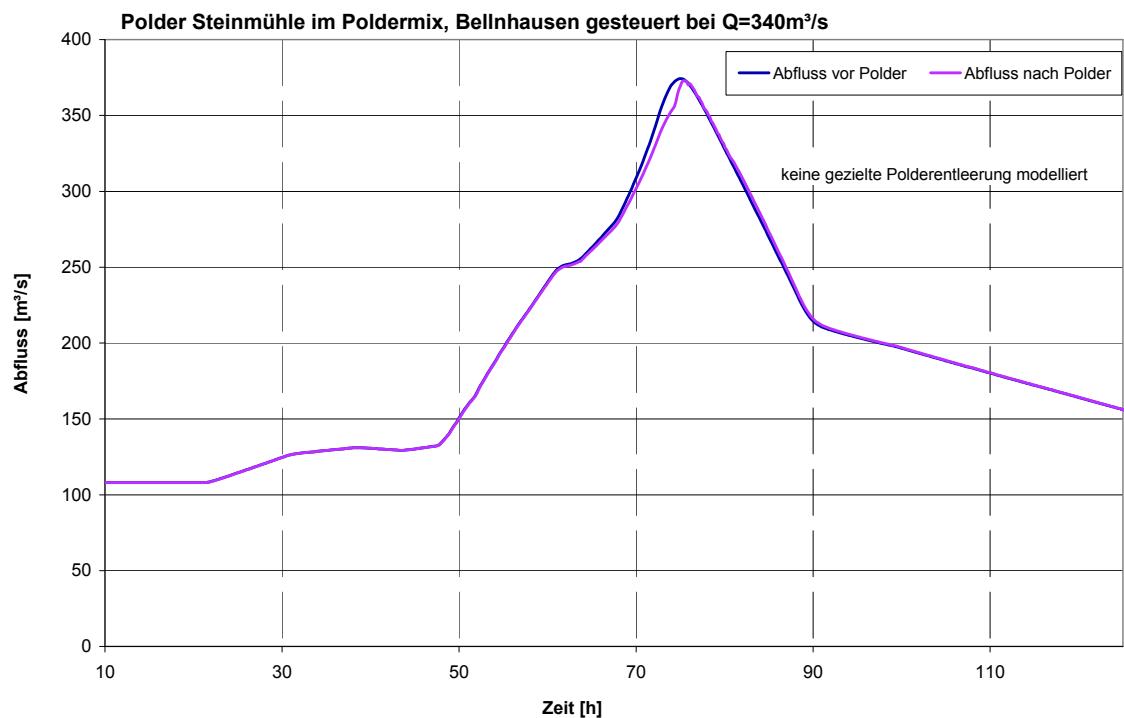
Polder Bellnhausen



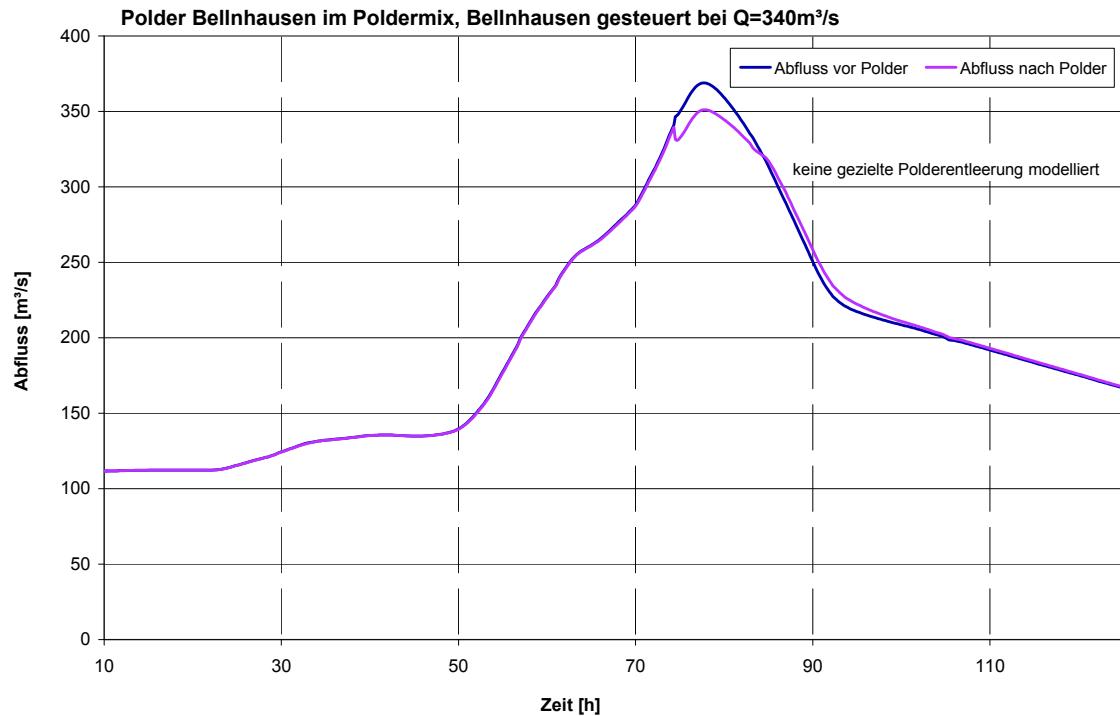
Polder Fronhausen

Anlage A3.4: HW<sub>generiert</sub> (Polder Bellnhausen gesteuert)

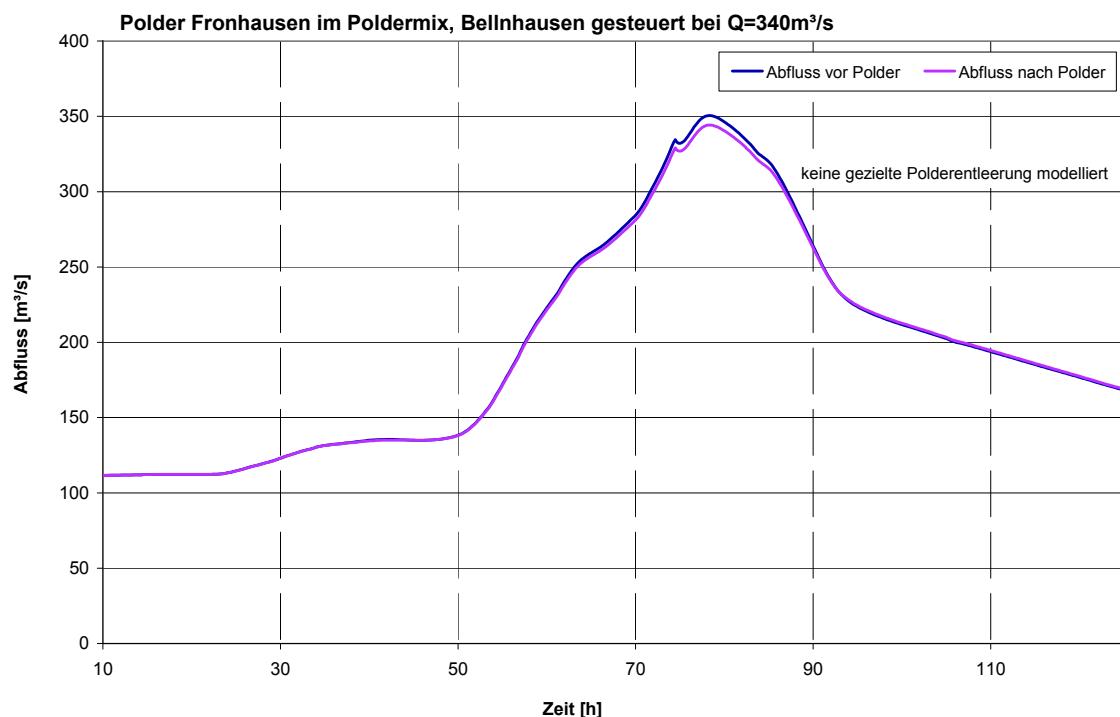
Polder Marburg



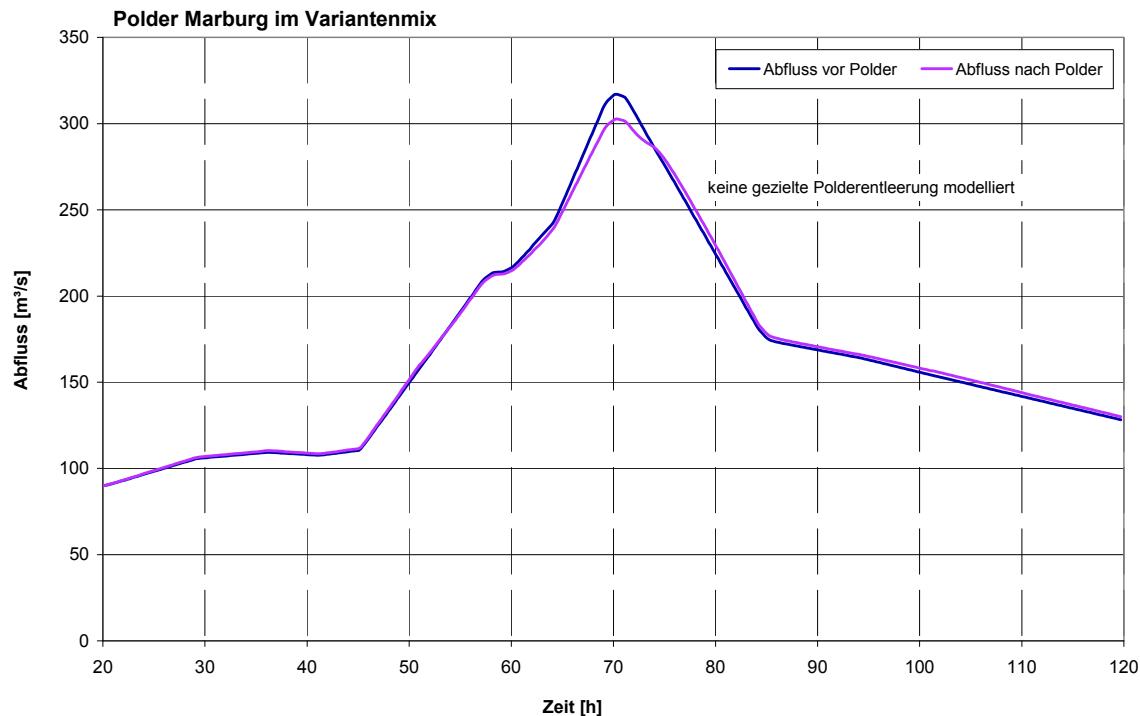
Polder Steinmühle



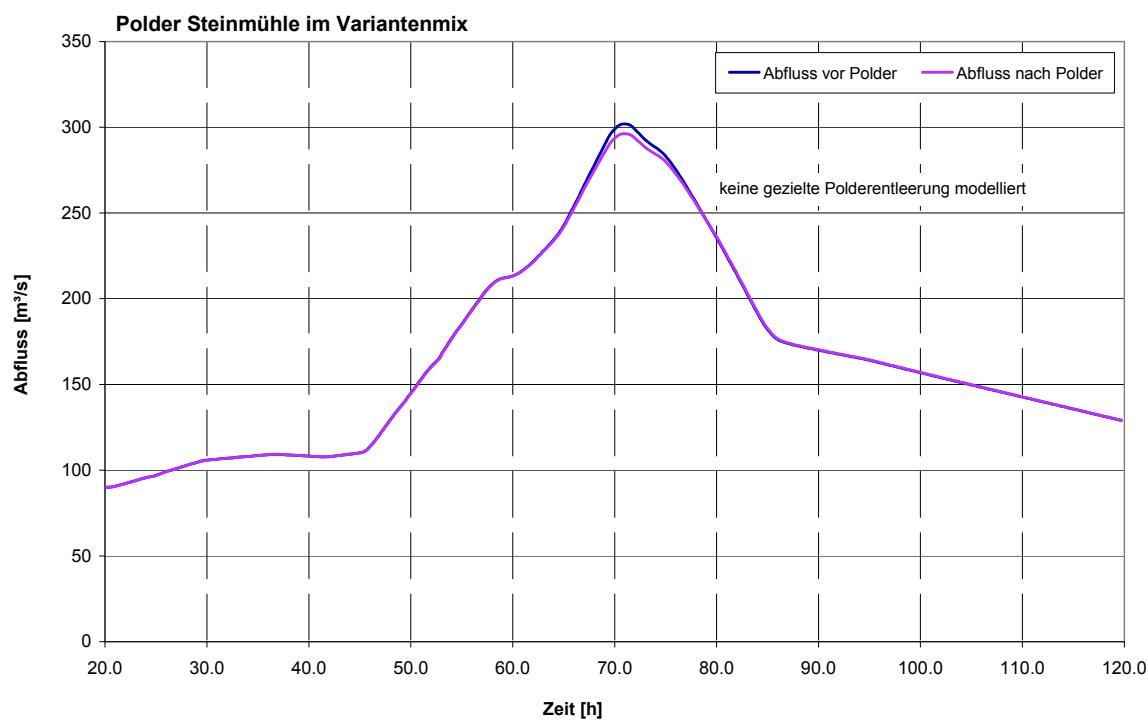
Polder Bellnhausen



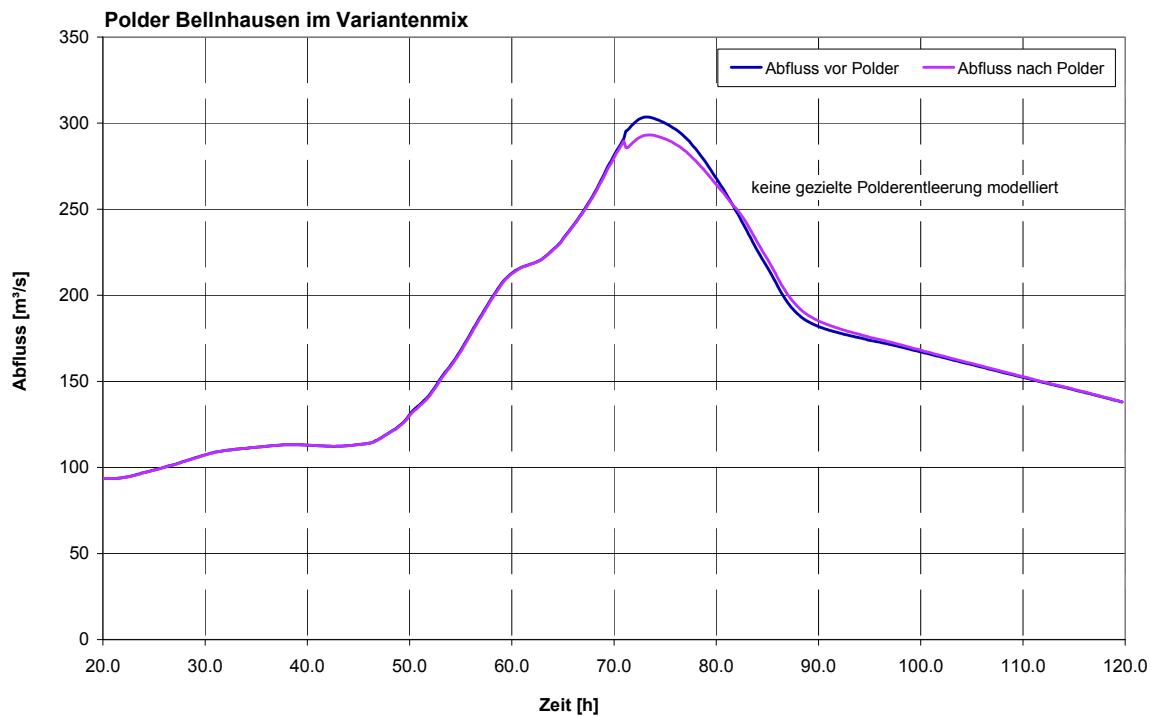
Polder Fronhausen

**Anlage A4: Scheitelreduzierung im Variantenmix**Anlage A4.1: HW<sub>84</sub>

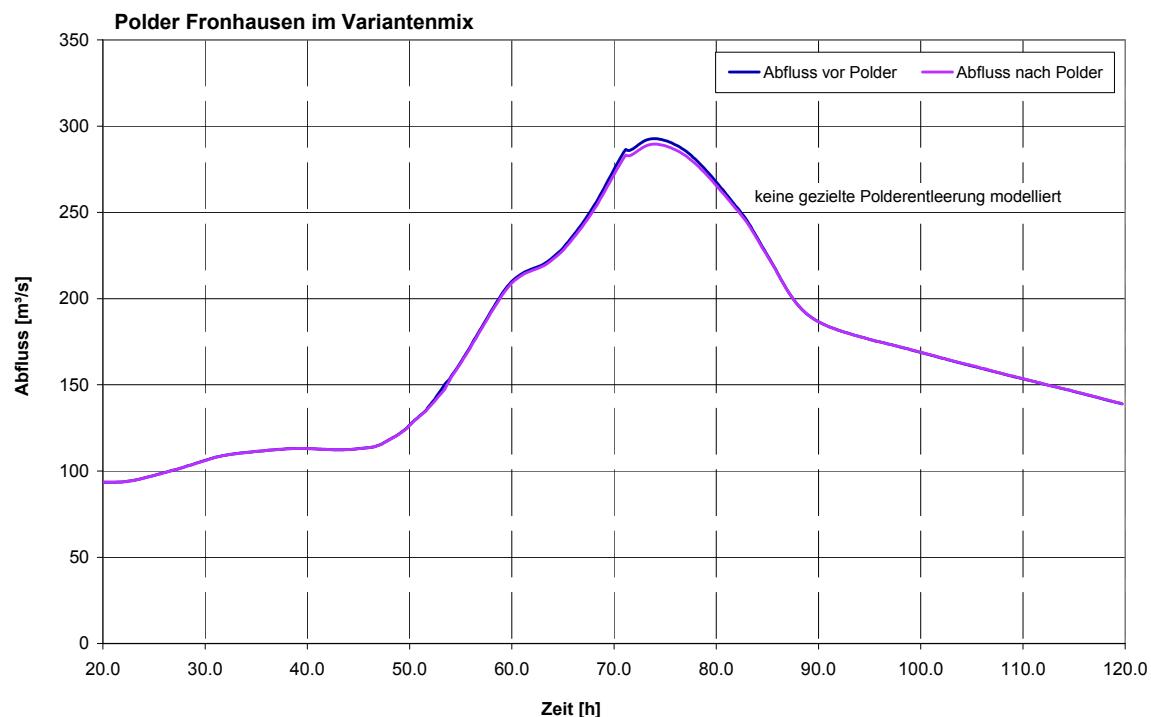
Polder Marburg



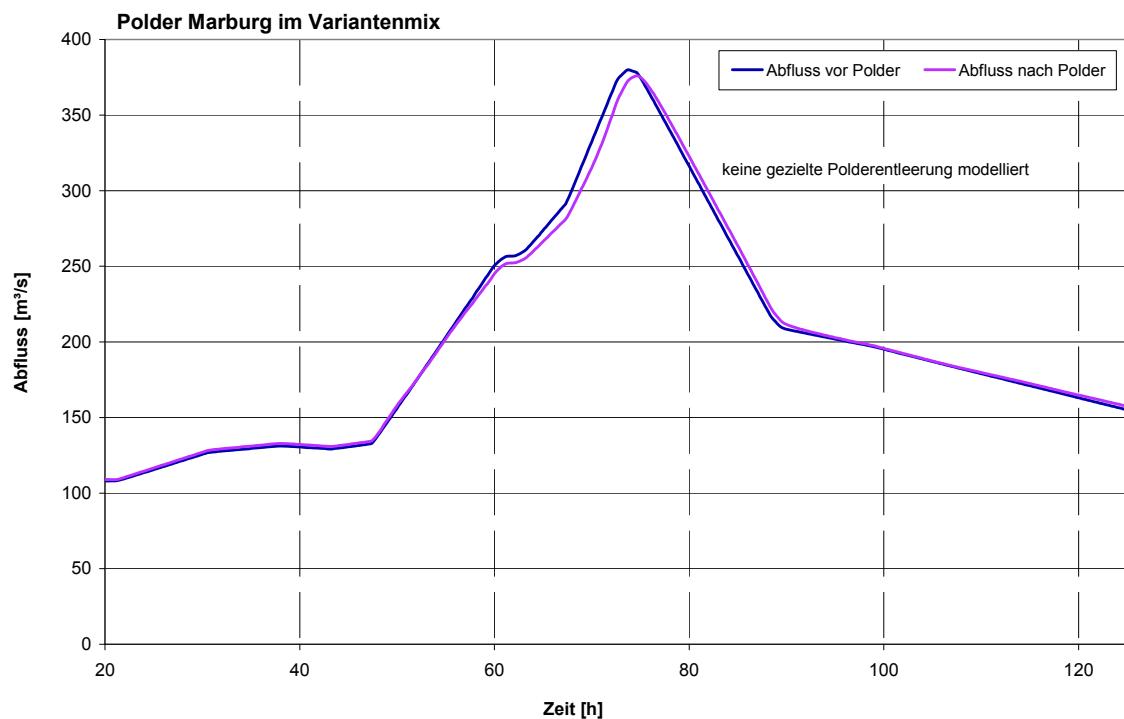
Polder Steinmühle



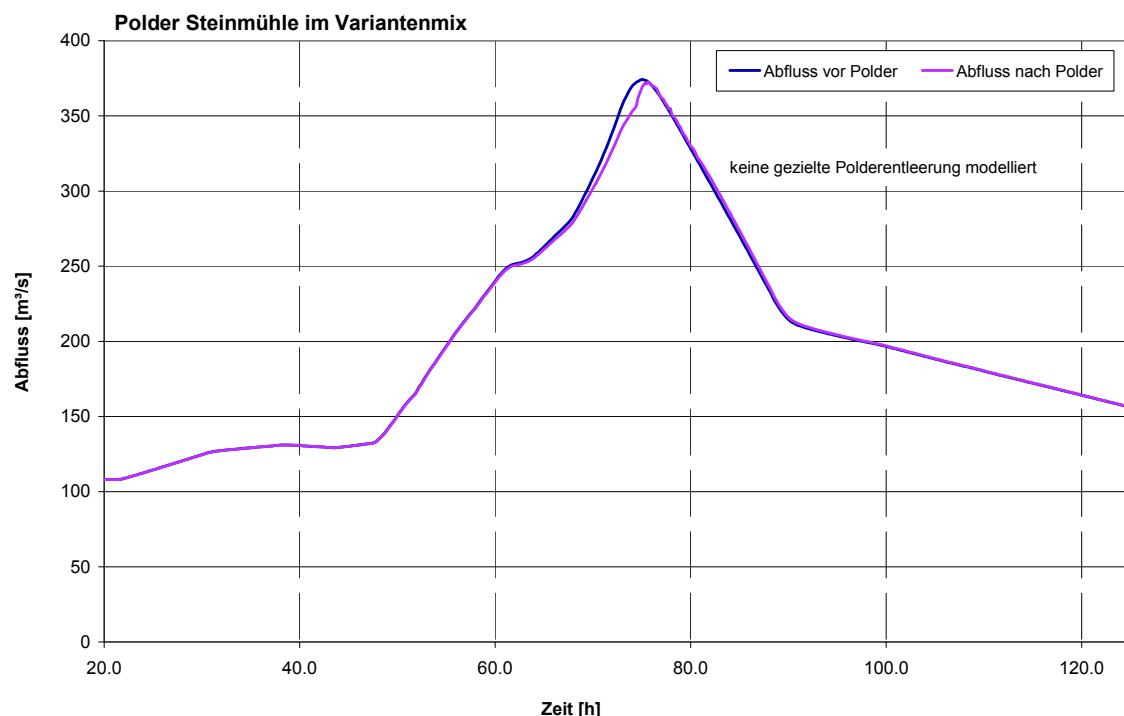
Polder Bellnhausen



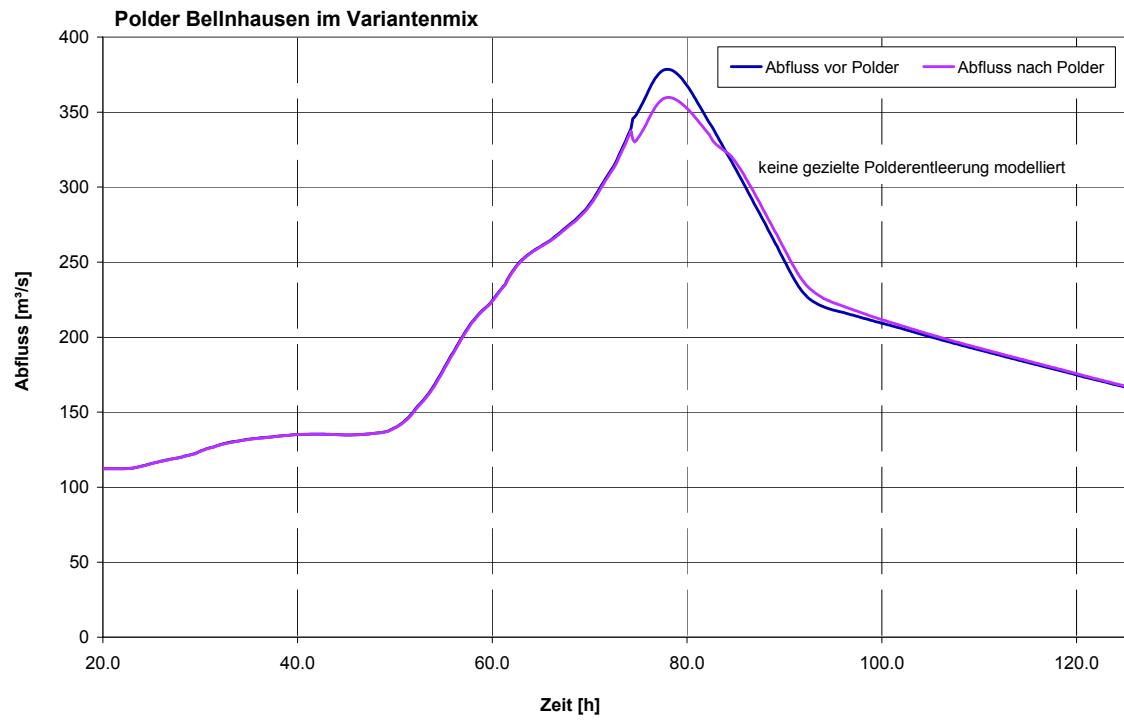
Polder Fronhausen

Anlage A4.2: HW<sub>generiert</sub>

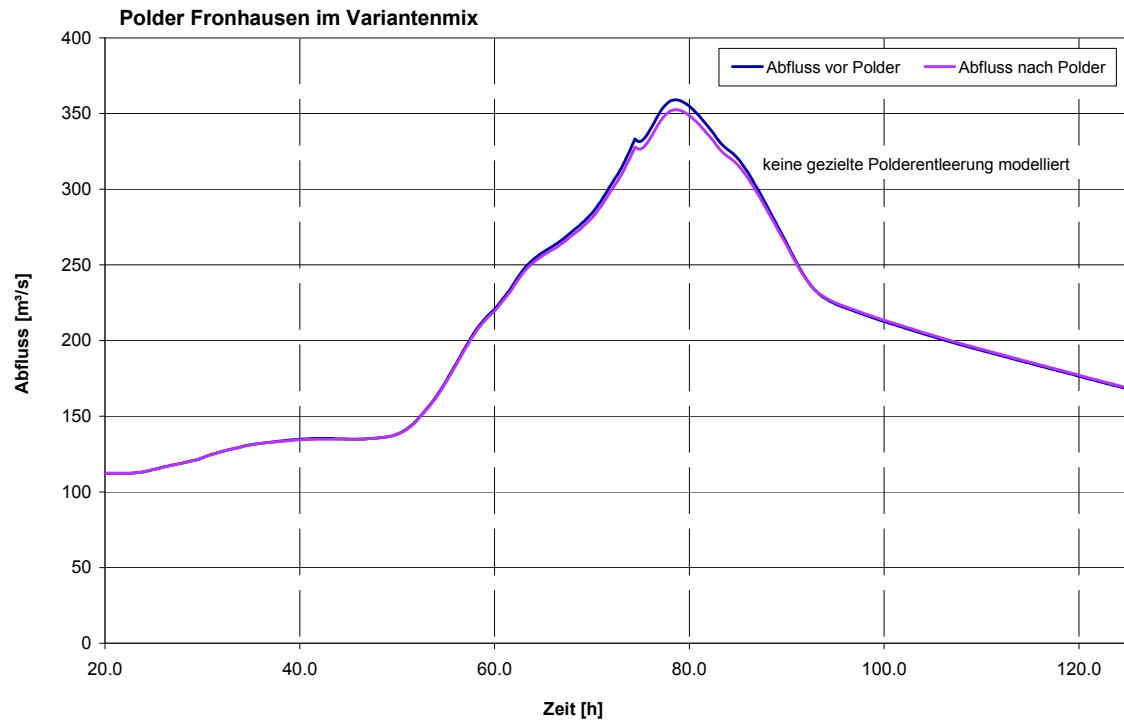
Polder Marburg



Polder Steinmühle



Polder Bellnhausen



Polder Fronhausen

**Anlage B: Datenträger**

Inhalt: - pdf-Textfassung